GEBRAUCHSANLEITUNG

ARISTO

AVIAT

610 · 613 · 615 · 617 · 618

AVIATJET

647

ARISTO-WERKE · DENNERT & PAPE KG · HAMBURG

Behandlung und Justierung des ARISTO-AVIAT und ARISTO-AVIATJET

Dieses Rechengerät ist eine wertvolle Navigationshilfe und verdient eine pflegliche Behandlung. Die Skalen sollen vor Verschmutzung und vor Kratzern geschützt werden, damit die Ablesegenauigkeit nicht beeinträchtigt wird. Verschmutzungen unter den Drehzeigern oder unter den transparenten Scheiben werden am einfachsten durch Unterschieben eines Papierstreifens oder Stofflappens entfernt. Wenn diese Methode nicht zum Ziele führt, können die Rechenscheiben auch auseinandergenommen werden, was aber wegen der damit verbundenen Justierarbeit beim Zusammensetzen zeitraubend ist.

Für den Fall, daß die Kursrose auf der Rückseite der Rechner 613, 617, 618 und 647 beim Drehen klemmt oder zu großes Spiel hat, kann eine Justierung nach Lockerung der vier Schrauben vorgenommen werden.

Der ARISTO-AVIAT ist vor Lagerung an heißen Plätzen zu schützen, da bei Temperaturen über 60°C Verformungen auftreten. Für solcherart beschädigte Rechenscheiben kann kein Ersatz geleistet werden.

Achtung: Computer nicht der direkten Sonnenbestrahlung in der Flugzeugkanzel aussetzen!

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, vorbehalten
Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet · Printed in Germany
© 1955 by ARISTO-WERKE · DENNERT & PAPE KG · HAMBURG
O/OLI/RI · Borek 6650

Inhalt Seite

1. Einleitung 5

2. Die Skalen 5

3. Einfache Rechnungen 10
   3.1 Das Lesen der Teilungen 10
   3.2 Multiplikation 11
   3.3 Division 11
   3.4 Abwechselnde Multiplikation und Division 11
   3.5 Proportionen (Verhältnisse) 11

4. Umrechnung von Maßen: metrisch ←→ angelsächsisch 12
   4.1 Umrechnung von Streckenmaßen und Entfernungen 12
   4.2 Umrechnung von Flüssigkeitsmaßen 13
   4.3 Gewichtsberechnung aus Flüssigkeitsmaßen 13

5. Umrechnung von Zeiten und Geschwindigkeiten 13
   5.1 Umrechnung von Zeiten 14
   5.2 Umrechnung von Geschwindigkeiten 14

6. Weg-Zeit-Geschwindigkeit-Aufgaben 14
   6.1 Berechnung von Steig- oder Sinkzeiten bzw. -Geschwindigkeiten 14
   6.2 Strecke-Grundgeschwindigkeit-Flugzeit 15

7. Kraftstoffverbrauch 17

8. Barometrische Navigation (Pressure Pattern Flying) 17
   8.1 Berechnung der Querwindkomponente V_n aus Höhenvergleichsmessungen 17
   8.2 Berechnung der seitlichen Windversetzung Z_n für die Zwischenflugzeit 18
   8.3 Bestimmung der Abtrift aus V_n oder Z_n 19

9. Eigengeschwindigkeits-Berechnungen 19
   9.1 Mit ARISTO-AVIAT 610 · 613 · 615 · 617 · 618 19
   9.1.1 Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit 19
   9.1.2 Berechnung der Fahrtmesseranzeige 20
   9.1.3 Kompressibilitätsberichtigung 20
   9.1.4 Berechnung der Schallgeschwindigkeit und Machzahl 21
   9.2 Geschwindigkeitsberechnungen mit dem ARISTO-AVIATJET 647 22
   9.2.1 Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit T.A.S. 22

10. Höhenberechnungen 23
   10.1 Berechnung der wahren Höhe 23
   10.2 Berechnung der Dichte-Höhe (Density Altitude) 24
   10.2.2 Density Altitude mit AVIATJET 647 24

11. Graphische Lösung von Dreiecksaufgaben mit dem ARISTO-AVIAT 613, 617 618 und AVIATJET 647 25
   11.1 Winddreiecksaufgaben 25
   11.2 Berechnung der Abweitung 37
   11.3 Berechnung der Großkreisbeschickung 37

12. Rechnerische Lösung von Dreiecksaufgaben mit dem ARISTO-AVIAT 610 und 615 38
   12.1 Lösung allgemeiner Dreiecksaufgaben 38
   12.2 Winddreiecksaufgaben 38
   12.3 Berechnung der Abweitung 44
   12.4 Berechnung der Großkreisbeschickung 45
   12.5 Umwandlung von Peilungen 45

13. Begriffsbestimmungen 46

1. Einleitung

Die verschiedenen Navigationsrechner ARISTO-AVIAT sind vielseitig verwendbare Hilfsgeräte der Navigation, mit denen sich die meisten der in der navigatorischen Praxis vorkommenden Aufgaben lösen lassen. Die früher unter dem Namen Dreiecksrechner, System Knemeyer, bekanntgewordenen Instrumente sind für den internationalen Flugverkehr weiterentwickelt worden und unterscheiden sich in verschiedenen Modellen durch die Methode zur Lösung von Dreiecksaufgaben und beim ARISTO-AVIATJET durch die Geschwindigkeitsberechnungen.

Beim ARISTO-AVIAT 613, 617, 618 und beim ARISTO-AVIATJET 647 ist die anschauliche graphische Lösung des Winddreiecks vorgesehen, während die rechnerische Lösung mit dem Sinussatz beim ARISTO-AVIAT 610 und 615 zur Anwendung kommt.

Die Vorderseite ist bei allen Computern gleichartig und wird deshalb gemeinsam beschrieben. Nur beim ARISTO-AVIATJET 647 ist die Skalenanordnung für die Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Kompressibilität der Luft eine andere. Der ARISTO-AVIAT 610 ist die verkleinerte Ausführung des Modells 615, und die Taschenausgabe des 617 heißt 613.

Außer der Berechnung der üblichen Weg-Zeit-, Brennstoffverbrauchs- und Winddreiecksaufgaben ermöglichen diese Computer mittels einfacher Einstellungen die Umwandlung von metrischen in angelsächsische Maßeinheiten (und umgekehrt) sowie die Umrechnung von Flüssigkeitseinheiten in Gewichtseinheiten unter Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes. Ferner dienen besondere Skalen zur Bestimmung der wahren Eigengeschwindigkeit, der wahren Höhe und der Dichtehöhe, der Schallgeschwindigkeit, Machzahl, und der Lösung von Aufgaben der barometrischen Navigation.

Mit Rücksicht darauf, daß der Navigationsrechner international verwendbar sein soll, daß die englische Sprache als eine der ICAO-Luftfahrtsprachen im Weltluftverkehr allgemein eingeführt ist und auch in Deutschland auf Logbuchvordrucken, in Streckenhandbüchern und im Flugsicherungskontrolldienst Anwendung findet, werden die englischen Bezeichnungen zur Beschriftung der Skalen benutzt.

2. Die Skalen

Der ARISTO-AVIAT ist eine Rechenscheibe mit konzentrisch angeordneten kreisförmigen Skalen. Durch Farbwirkung wird das Teilungsbild übersichtlich gegliedert, transparente Drehzeiger mit Indexstrichen erleichtern die Einstellungen und Ablesungen zwischen den Teilungsintervallen. Die Vorderseite träat auf dem festen Außenring folgende Skalen:

Auf der Grundscheibe

(a) Am Rande zwei kurze, mit Sp. G. bezeichnete Teilungen der spezifischen Gewichte von 0,65—0,95 für Brennstoff und Öl, die eine zur Umwandlung von Flüssigkeitseinheiten (Liter Imp. Gallons, US Gallons) in Kilogramm (kg), die andere zur Umwandlung in Pfund (lb). Die Pfeile mit der Beschriftung kg und lb kennzeichnen diese Skalen und dienen zur Umrechnung kg ⟷ lb.

(b) Eine mit DISTANCE, (T. A. S.) und (T. ALT.) bezeichnete logarithmische Vollkreisteilung im dekadischen System (Wegskala). Zusätzlich sind Umrechnungsmarken angebracht für

Kilometer	— Nautical Miles	— Statute Miles	(rot)
Meter	— Yards	— Feet	(schwarz)
Liter	— Imp Gallons	— US Gallons	(blau)

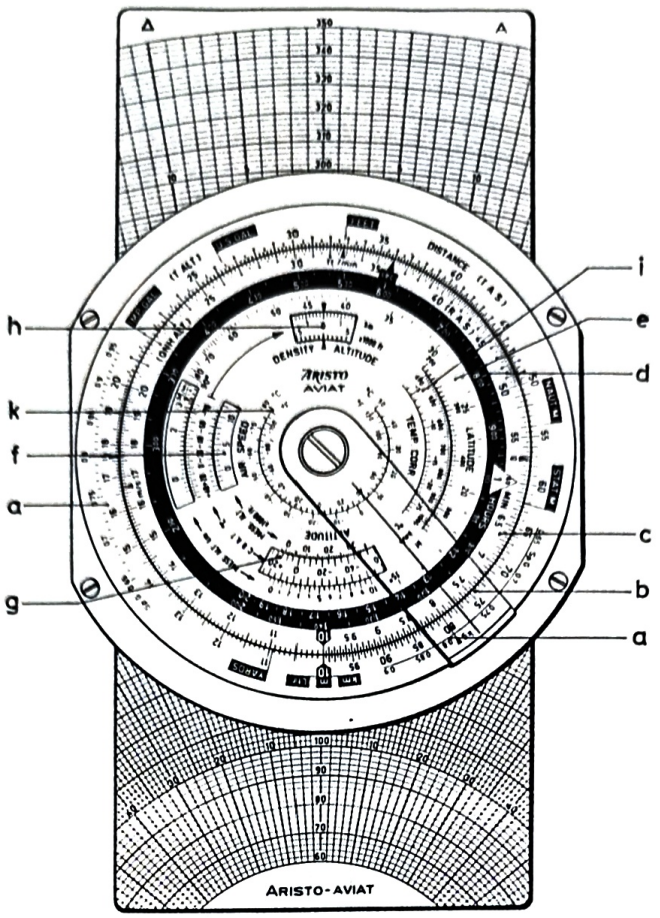

Abb. 1a Vorderseite ARISTO-AVIAT 613 · 617 · 618

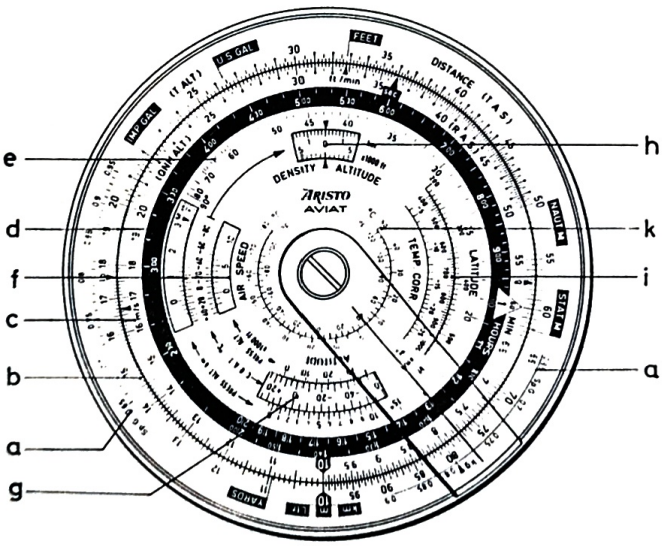

Abb. 1b Vorderseite ARISTO-AVIAT 610 · 615

Auf der drehbaren Innenscheibe

(c) Eine logarithmische Vollkreisteilung, bezeichnet mit R.A.S., QNH ALT. und MIN, als Gegenskala zu (b), sie enthält Marken für die Umrechnung von ft/min in m/sec und ist gleichzeitig eine Zeitskala, die von der Stundenmarke ⚠ ausgehend eine Minutenskala von 6 bis 60 Minuten darstellt. Die Marke sec bei 36 dient in Verbindung mit der Stundenmarke zur Umrechnung von Minuten in Sekunden. Die Marke $\varrho = 57{,}3$ wird gelegentlich für die Umrechnung vom Gradmaß ins Bogenmaß benötigt, $\pi = 3{,}14$ ist eine Marke für Kreisberechnungen.

(d) Eine Stundenskala (weiß im schwarzen Ring), bei der Stundenmarke ⚠ an Skala (c) anschließend und bis 20 Stunden geteilt, so daß Stunden- und Minutenangaben sich in den Skalen (d) und (c) gegenüberstehen. Beim AVIATJET sind ab 10 Stunden nur die Hilfsmarken für 11 und 12 Stunden angegeben. Die Stundenmarke ist mit 60 und 10^{00} gekennzeichnet entsprechend 60 Minuten in (c) und 10 Stunden in (d).

(e) Eine Sinusskala LATITUDE der geographischen Breiten von 15° bis 90° für Berechnungen bei den Verfahren der barometrischen Navigation.

(f) Zwei konzentrische Fensterausschnitte mit roter Teilung und Bezifferung für Eigengeschwindigkeitsberechnungen, beschriftet mit AIR SPEED. Zwischen den Fensterausschnitten ist die Skala für die berichtigte Außentemperatur (C. O. A. T. °C.) von + 50° bis —80° aufgetragen. Im oberen Fensterausschnitt erscheint die Druckhöhenskala PRESS. ALT. in km von —0,6 bis +20 und im unteren Fensterausschnitt die Druckhöhenskala in Fuß x 1000 von —2 bis +65. Die Marken M (km/h) und M (kt) dienen zur Berechnung der Machzahl und der Schallgeschwindigkeit.

(g) Ein Fensterausschnitt mit blauer Teilung und Bezifferung für Höhenberechnungen, beschriftet mit ALTITUDE. Am oberen Rand des Ausschnittes ist die Druckhöhenskala in km von —0,5 bis + 10,7 und am unteren Rand in Fuß x 1 000 von —2 bis +35,2 aufgetragen. Der Endstrich gilt für alle praktisch vorkommenden größeren Höhen von 10,7 bis 25 km bzw. 35,2 bis 80 x 1 000 ft. Im Ausschnitt steht die berichtigte Außentemperatur (C. O. A. T. °C von —70° bis + 50° C).

(h) Ein Fensterausschnitt für die Bestimmung der Dichte-Höhe DENSITY ALTITUDE, zu dem ein roter Pfeil von der AIR SPEED-Skala hinleitet. Im Ausschnitt erscheint eine Höhenskala in km von —2 bis +14,6 und eine Höhenskala in Fuß x 1000 von —6 bis +48.

Im Mittelfeld der drehbaren Scheibe

(i) Ein Skalenpaar, bezeichnet mit TEMP. CORR., für die Berichtigung der am Bordthermometer abgelesenen Außentemperatur bei hohen Geschwindigkeiten (von 400 bis 1 000 km/h, bzw. von 200 bis 550 Knoten).

(k) Eine konzentrische Kreisskala zur Umrechnung von Temperaturen Fahrenheit ⟷ Celsius-Grade.

Abweichungen beim ARISTO-AVIATJET

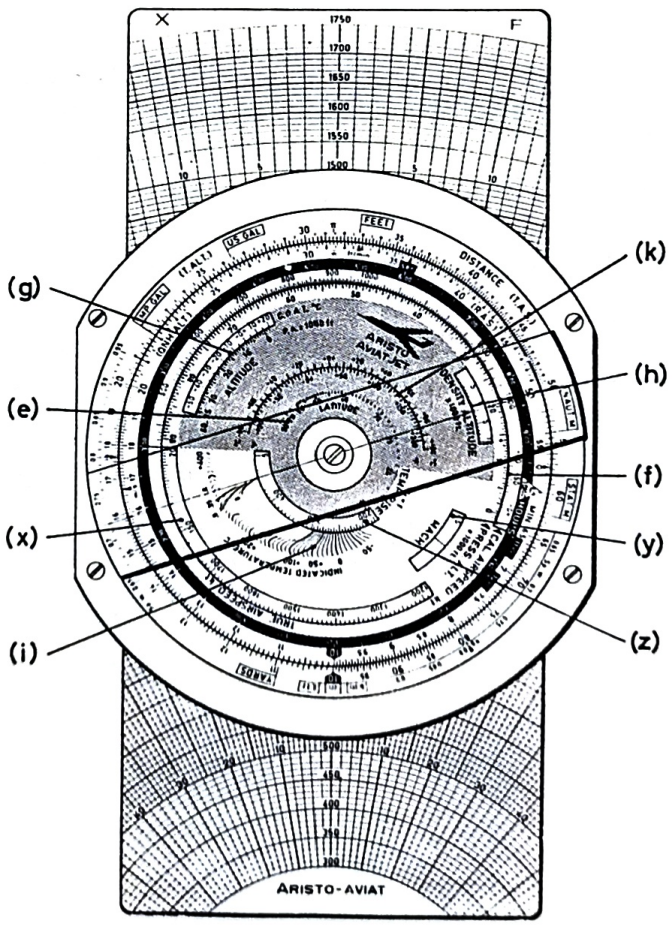

Abb. 1c Vorderseite des AVIATJET 647

Im graugelben Farbfeld sind einige Skalen anders angeordnet und neue Skalen hinzugefügt. Nach Möglichkeit werden die Skalenbezeichnungen für gleichartige Funktionen beibehalten.

(e) Eine mit LATITUDE gekennzeichnete Sinusskala, die vom 15. bis 90. Breitengrad beziffert ist, für Berechnungen bei dem Verfahren der barometrischen Navigation.

(f) Zwei gegeneinanderlaufende Skalen, die mit CAL. AIRSPEED kt und PRESS. ALT. × 1000 ft beschriftet sind. Sie reichen für hohe Geschwindigkeiten von 100 bis 1800 kt und für große Flughöhen bis 90000 ft.

(g) Ein Fensterausschnitt ALTITUDE mit blauer Teilung und Bezifferung für die Berechnung der wahren Höhe in Verbindung mit den Skalen (b) und (c). Am unteren Rand ist eine Druckhöhenskala PA × 1000 ft von −2 bis +35,2 aufgetragen. Der Endstrich 35,2 gilt für Höhen bis 80000 ft. Im Fensterausschnitt befindet sich die Skala der berichtigten Außentemperatur C. O. A. T. °C von −80° bis +50°.

(h) Der Fensterausschnitt DENSITIY ALTITUDE × 1000 ft, mit seiner roten Teilung und Bezifferung von −5 bis +50 arbeitet zusammen mit der roten Temperaturskala von −80° bis +50° C, die im teilungsfreien Raum der Skala CAL. AIRSPEED (f) untergebracht ist.

(i) Eine Kurvenschar für die Einstellung der INDICATED TEMPERATURE in °C arbeitet mit der spiralförmigen Leitlinie auf der Grundscheibe zusammen.

(k) Eine Skala zur Umrechnung von Temperaturen Fahrenheit ←→ Celsius. −100° F bis +200° F bzw. −80° C bis +100° C.

(x) Skala für die wahre Eigengeschwindigkeit T.A.S von 150 bis 1750 kt.

(y) Ablesefenster mit Indexstrich für die Ablesung der Machzahl von 0,25—3,5 in der darunterliegenden Skala.

(z) Fenster mit Skala für die Temperaturerhöhung TEMP. RISE von 4° bis 430° C.

Die **Rückseite** des **ARISTO-AVIAT 613, 617, 618** und **AVIATJET 647** trägt:

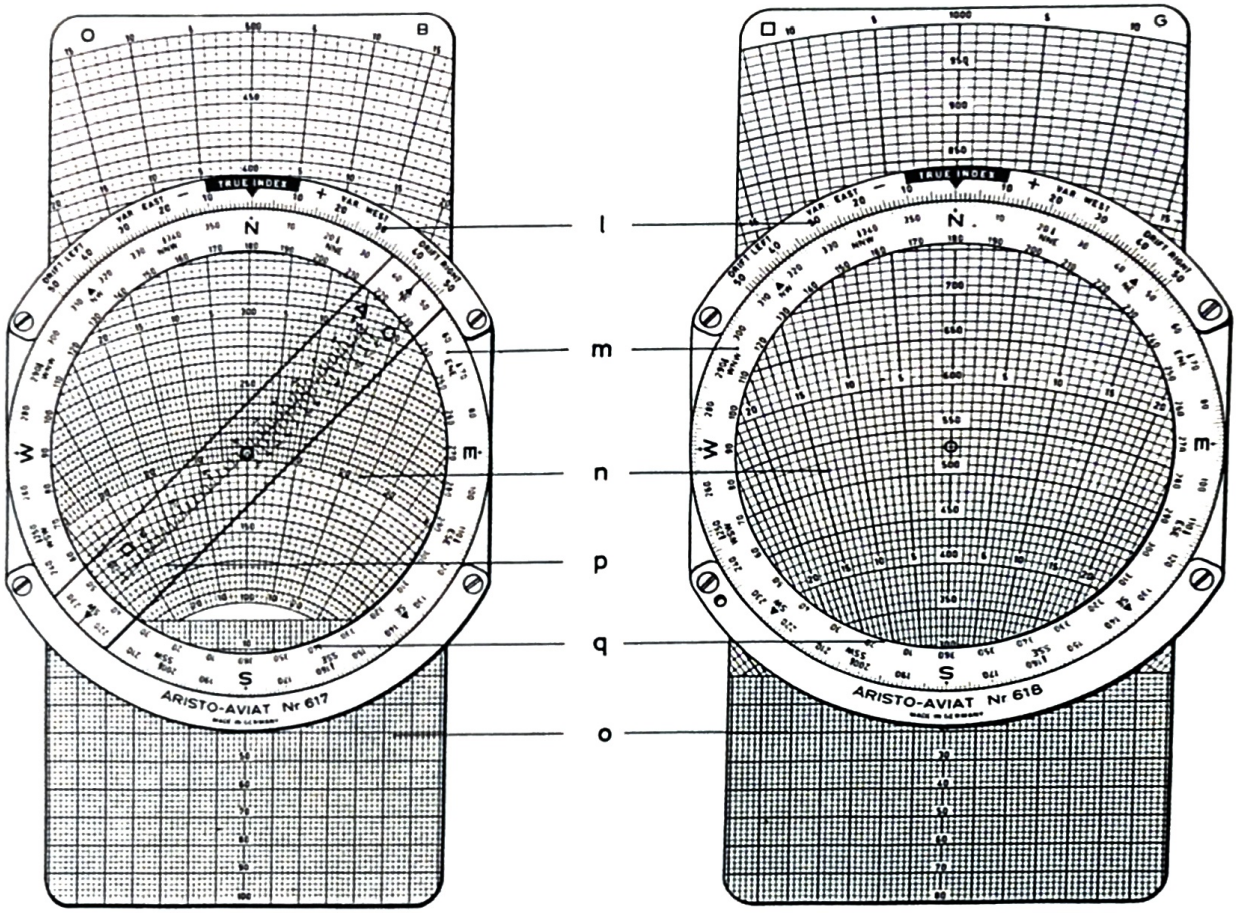

Abb. 2a Rückseite ARISTO-AVIAT 613 · 617 und ARISTO-AVIATJET 647

Abb. 2b ARISTO-AVIAT 618

Auf dem festen Außenring

(l) Eine Gradteilung, die von 0° (TRUE INDEX) rechts- und linksläufig bis 50° durchgeführt ist. Die Bezeichnungen DRIFT LEFT — DRIFT RIGHT, VAR. EAST — VAR. WEST, — und + geben Hinweise für die Anwendung.

Auf dem drehbaren Innenring

(m) Eine Kursrose von 0° bis 360°, in der die Haupthimmelsrichtungen besonders markiert sind. Die zweite Teilung (q) mit roter Bezifferung, ist um 180° gegen Skala (m) verdreht und gibt die Windrichtungen an.

(n) eine transparente, mattierte Schreibfläche.

(o) Zwischen den Rechenscheiben der Vorder- und Rückseite gleitet ein zweiseitiger Diagrammschieber. Die Diagramme enthalten konzentrische Kreisbögen für Fluggeschwindigkeiten und radiale Strahlen für Abtriften.

(p) Beim ARISTO-AVIAT 613, 617 und 647 ist auf der Transparentscheibe ein Drehzeiger (p) befestigt, dessen drei Windgeschwindigkeits-Skalen auf die vorkommenden Diagrammskalen abgestimmt sind. Die zusammenarbeitenden Wind- und Diagrammskalen sind durch gemeinsame Zeichen △, ○, □ und × gekennzeichnet.

Diagrammseite	Geschwindigkeit in km/h oder kt	Zeichen
A	von 60 bis 350	△
B	von 100 bis 500,	
	dazu ein Quadratnetz, beziffert von 0 bis 100	○
D	von 100 bis 1000	□
F	von 300 bis 1750	×
G	von 300 bis 1000	
	dazu ein Quadratnetz, beziffert von 0 bis 80	□
H	von 40 bis 250	
	dazu ein Quadratnetz, beziffert von 0 bis 80	△
K	von 150 bis 750	○

In Abhängigkeit vom Bereich der Geschwindigkeiten haben die Geschwindigkeitskreise der verschiedenen Diagramme unterschiedliche Abstände und Bezifferungen, die durch die Zeichen △, ○, □ und × gekennzeichnet sind. Alle Geschwindigkeitsangaben gelten für Knoten oder km/h.

Die Diagrammschieber sind austauschbar. Da es angenehm ist, alle benötigten Geschwindigkeiten auf einem Schieber zu haben, sind aus der Praxis heraus einige vielbenutzte Diagrammschieber mit je einem Diagramm auf der Vorder- und Rückseite zusammengestellt.

AB Diagrammschieber mit den Seiten A und B
AD Diagrammschieber mit den Seiten A und D
AG Diagrammschieber mit den Seiten A und G
AK Diagrammschieber mit den Seiten A und K
BH Diagrammschieber mit den Seiten B und H
BD Diagrammschieber mit den Seiten B und D
BF Diagrammschieber mit den Seiten B und F

Die entsprechenden Diagramme der Taschenausgabe ARISTO-AVIAT 613 werden durch kleine Buchstaben unterschieden: ab, ag, ak.

Die **Rückseite** des **ARISTO-AVIAT 610** und **615** trägt von außen nach innen:

(r) Eine mit SPEED bezeichnete feste logarithmische Teilung (rot), beziffert von 5 bis 1500.

(s) Eine mit ∢ sin bezeichnete drehbare Sinusskala (blau), beziffert von 1° bis 90° und rücklaufend von 90° bis 179°.

(t) Eine drehbare Kursrose (blau) von 0° bis 360° mit den vier Haupt-Himmelsrichtungen N, E, S, W.

(u) Die Flugzeugmarke mit einer von dieser nach rechts und links ausgehenden festen Gradteilung von 0° bis 180°, im Uhrzeigersinn als Doppelbezifferung weitergeführt bis 360°.

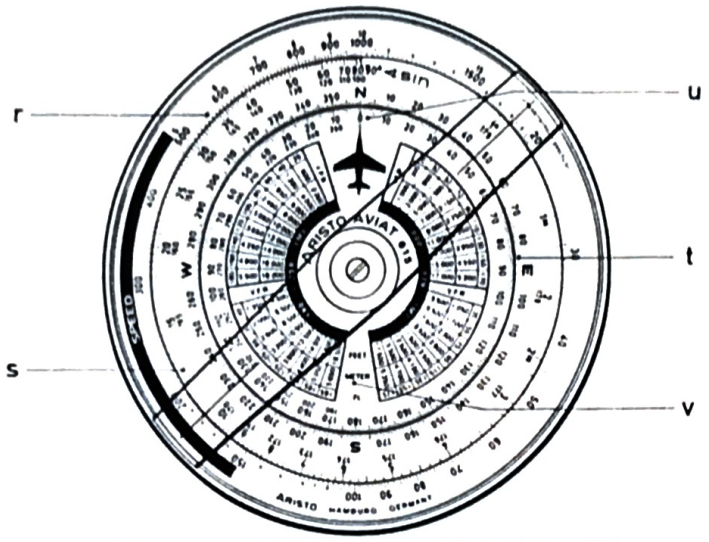

Abb. 2c Rückseite ARISTO-AVIAT 610 · 615

(v) Im Mittelfeld der Rechenscheibe sind konzentrisch um den Drehpunkt des Computers die Halbkreis-Flughöhen als Tabellen so zusammengestellt, daß die Gesetzmäßigkeit der einzuhaltenden Flughöhen im Bereich der Halbkreise für IFR-Flüge und VFR-Flüge als Gedächtnisstütze erkennbar sind.

3. Einfache Rechnungen

Die Skalen (b) und (c) sind wie bei einem Rechenstab als zwei vollwertige logarithmische Skalen aufgetragen, womit alle vorkommenden Multiplikationen und Divisionen, Verhältnisrechnungen und Dreisatzrechnungen ausgeführt werden können.

3.1 Das Lesen der Teilungen

Auf Grund ihrer logarithmischen Eigenschaft werden auf den Skalen (b) und (c) die Abstände zwischen den Zahleneinheiten im Uhrzeigersinne immer kleiner. Die hierdurch bedingten verschiedenartigen Teilungsbilder in den Bereichen von 10 bis 20, von 20 bis 50 und von 50 bis 10 sind zu beachten. Folgende Ablesebeispiele veranschaulichen die Verschiedenartigkeit der Ablesungen in den drei Bereichen.

Die anfänglichen Schwierigkeiten beim Lesen der Teilungen für Benutzer, die nicht an das Arbeiten mit dem Rechenstab gewöhnt sind, verlieren sich, sobald das Teilungsbild durch einige Übungen im Einstellen und Ablesen vertraut geworden ist.

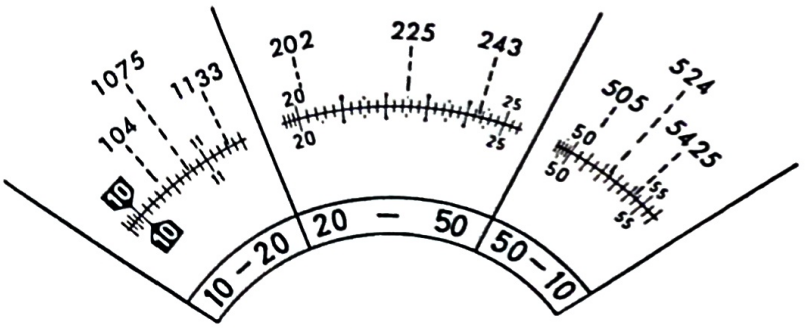

Abb. 3

Wie bei jedem Rechenstab sind die Bezifferungen vieldeutig in bezug auf die Kommastellung. Wenn beispielsweise die Zahl 12 als Ergebnis einer Einstellung auf der Rechenscheibe abgelesen wird, kann der tatsächliche Wert 0,12 oder 1,2, 12, 120 . . . lauten. In allen Fällen, bei denen die Größenordnung der Lösung einer Rechenaufgabe nicht ohne weiteres übersehbar ist, empfiehlt es sich, zunächst eine Überschlagsrechnung mit abgerundeten Zahlenwerten vorzunehmen, um die richtige Kommastellung zu ermitteln.

Der Skalenanfang (Index) ist durch die umrahmte 10 gegeben, die großen Zahlen 20, 30 usw. gliedern die Skala in die Hauptintervalle und ihre Skalenstriche geben die erste Stelle der Ablesung. Die kleineren Zahlen innerhalb der Hauptintervalle oder auch die durch ihre Länge hervorgehobenen Teilstriche geben die zweite Stelle; die dritte Stelle der Ablesung liefern die kleinsten Skalenstriche, oder sie wird durch Interpolation zwischen den Teilstrichen gefunden.

3.2 Multiplikation

Nach dem Prinzip des logarithmischen Rechnens werden zur Multiplikation Strecken auf der festen Außenskala und der drehbaren Innenskala aneinandergereiht. In dem Beispiel 32 x 1,4 wird der Index 10 der Innenskala auf den Wert 32 der Außenskala eingedreht, dann steht über dem Wert 1,4 der Innenskala das Ergebnis 44,8 auf der Außenskala. Die Benutzung des Drehzeigers erleichtert hierbei die Ablesung.

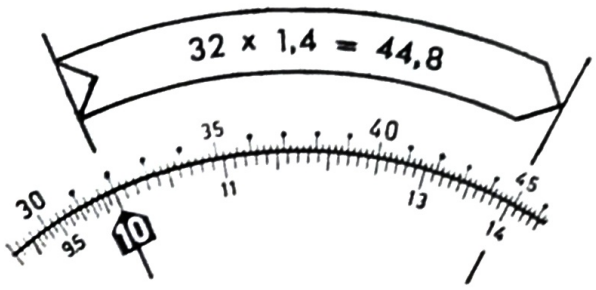

Abb. 4

3.3 Division

Die Division ist die Umkehrung der Multiplikation. Wenn die soeben beschriebene Einstellung in der umgekehrten Reihenfolge vorgenommen wird, d. h. wenn der Wert 44,8 der Außenskala und der Wert 1,4 der Innenskala übereinandergestellt werden, kann als Ergebnis der Division 32 auf der Außenskala über dem Index 10 der Innenskala abgelesen werden.

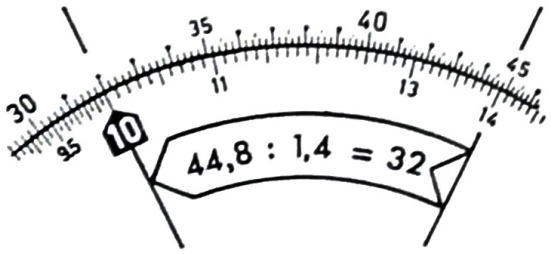

Abb. 5

3.4 Abwechselnde Multiplikation und Division

Bei Aufgaben der Dreisatzrechnung (Regeldetri) kommen immer Ausdrücke der Form $\frac{a \cdot c}{b}$ vor. In diesem Falle wird die Rechnung mit der Division $\frac{a}{b}$ begonnen, anschließend mit dem Faktor c multipliziert. Wenn der Ausdruck $\frac{44{,}8 \cdot 3{,}4}{1{,}4}$ berechnet werden soll, so wird anschließend an die Division 44,8 : 1,4 der Drehzeiger auf den Wert 3,4 der Innenskala gestellt und darüber in der Außenskala das Ergebnis 108,8 abgelesen. Das Zwischenergebnis der Division braucht nicht abgelesen zu werden.

Beispiel: $\frac{327 \cdot 5{,}22 \cdot 0{,}453}{128}$

(eine überschlägige Berechnung ergibt $\frac{300}{100} \cdot 5 \cdot 0{,}5 = 7{,}5$ als Ergebnis)

Einstellvorgang:

(1) Drehzeiger über 327 der Außenskala,
(2) 128 der Innenskala unter den Drehzeiger,
(3) Drehzeiger über 5,22 auf der Innenskala,
(4) Index 10 unter Drehzeiger,
(5) Drehzeiger auf 0,453 der Innenskala,
(6) Ergebnis: 6,04 auf der Außenskala unter dem Drehzeiger ablesen.

3.5 Proportionen (Verhältnisse)

Viele Aufgaben der Flugnavigation lassen sich in der Proportionsform sehr übersichtlich rechnen. Durch die Gegenüberstellung der zueinandergehörigen Verhältniswerte (gegebene Größen) sind auch alle weiteren Relationen bekannt.

Das erste Beispiel in Kapitel 3.4 läßt sich bequem in die Proportion

$$\frac{44{,}8}{1{,}4} = \frac{108{,}8}{3{,}4}$$

umschreiben. Die Trennungsfuge zwischen der Außen- und Innenskala ist dann gleichsam der Bruchstrich der Verhältnisse.

Beispiel einer Prozentrechnung: Tankinhalt vor dem Abflug 960 l, hiervon verbraucht 647 l; gesucht: Verbrauch in Prozenten des Tankinhalts.

Der Tankinhalt 960 l verhält sich zu 100 % wie der Verbrauch zur gesuchten Prozentzahl.

$$\frac{960}{100} = \frac{647}{x}$$

Ergebnis: $x = 67{,}4\,\%$.

Zeitumrechnung: Bei einer Weg-Zeit-Rechnung (s. 6.2.1) werden als Flugzeit 0,43 Stunden abgelesen. Wieviel Minuten entsprechen diesem Wert? Da 1 h = 60 min, gilt die Proportion

$$\frac{1}{60} = \frac{0{,}43}{x}$$

Stundenmarke ⚠ dem Index 10 gegenüberstellen, Drehzeiger auf 43 der Außenskala stellen und x = 25,8 min auf der Innenskala ablesen.

4. Umrechnung von Maßen: metrisch ⟷ angelsächsisch

Die Marken der Außenskala sind durch die Vereinigung der metrischen Maßeinheiten m, km und Ltr über dem Index 10 übersichtlich angeordnet. Auf diese Weise können alle Umrechnungen einheitlich vorgenommen werden.

Grundsätzlich beginnt jede Umrechnung damit, daß der umzurechnende Wert in der drehbaren Skala aufgesucht und unter die Marke der gegebenen Einheit gestellt wird. Das Ergebnis wird dann auf der drehbaren Skala bei der Marke für die gesuchte Einheit abgelesen. In den folgenden Abbildungen ist die 1. Einstellung jeweils mit einem Kreis umrandet, und Pfeile geben die Richtung für den Drehzeiger an.

4.1 Umrechnung von Streckenmaßen und Entfernungen

4.1.1 Gegeben: 3 feet
Gesucht: Wert in yard und m
Ergebnis: 1 yard, 0,915 m

Drehe den Skalenwert 30 unter die Feet-Marke und lies das Ergebnis auf der drehbaren Skala unter der entsprechenden Marke yards oder m ab.

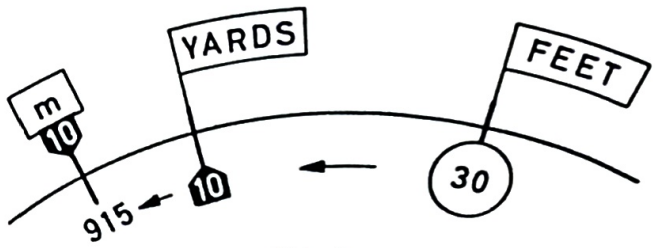

Abb. 6

4.1.2 Gegeben: 17 m
Gesucht: Wert in yards und feet
Ergebnis: 18,59 yards; 55,8 feet

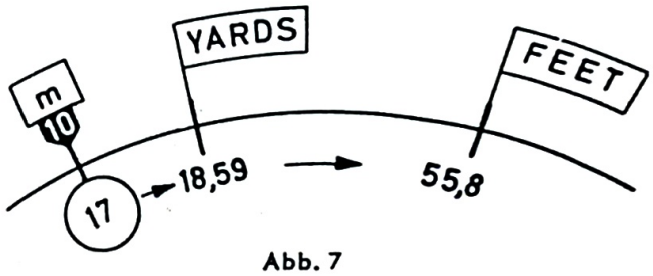

Abb. 7

4.1.3 Gegeben: 172 Stat. Miles
Gesucht: Naut Miles und km
Ergebnis: 149,5 Naut Miles; 277 km

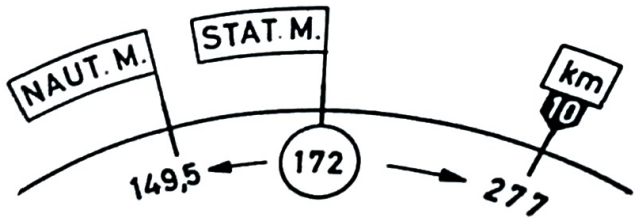

Abb. 8

4.2 Umrechnung von Flüssigkeitsmaßen

4.2.1 Gegeben: 2350 l
Gesucht: Imp Gallons und US Gallons
Ergebnis: 517 Imp Gallons; 621 US Gallons

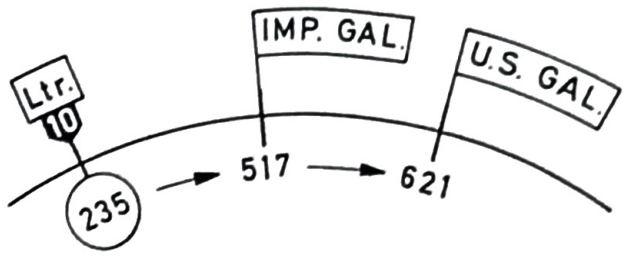

Abb. 9

4.2.2 Gegeben: 173 US Gallons
Gesucht: Imp Gallons und Liter
Ergebnis: 144 Imp Gallons; 655 Liter

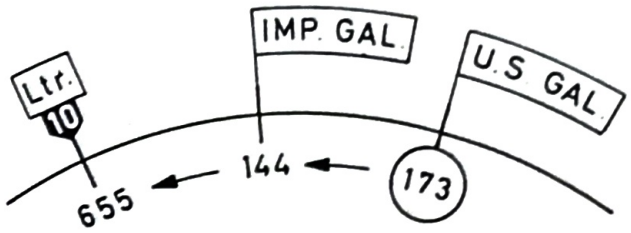

Abb. 10

4.3 Gewichtsberechnung aus Flüssigkeitsmaßen

Für die Umwandlung von Flüssigkeitsmaßen in Kilogramm oder englische Pfund unter Berücksichtigung des jeweiligen spezifischen Gewichts zwischen 0,65 und 0,95 sind am oberen Rand des Außenrings je eine Skala für die Umwandlung in Pfund (lb) und in kg angebracht. Zu jeder Flüssigkeitsmenge in Liter oder Gallons kann somit das Gewicht wahlweise in kg oder lb abgelesen werden. Die Pfeile mit den Bezeichnungen kg und lb dienen als Umrechnungsmarken von einem System ins andere. Der Computer rechnet nach Britischer Norm: 1 Imp Gall = 4,546 kg = 10,023 lb; 1 kg = 2,205 lb. Als Faustregel wird oft 1 Imp Gall = 10 lb gerechnet, dann ergibt sich aber eine Differenz gegenüber der Norm.

Stelle die umzuwandelnde Flüssigkeitsmenge auf der drehbaren Innenskala (c) unter die zutreffende Marke (Ltr, Imp Gal oder US Gal) auf dem Außenring (b) und drehe den Drehzeiger über den Wert des spezifischen Gewichts der Flüssigkeit in Skala (a) ein.

Lies unter dem Drehzeiger auf der Innenskala das der Flüssigkeitsmenge entsprechende Gewicht ab und zwar in kg, wenn der Drehzeiger über der spezifischen Gewichtsskala mit der Bezeichnung „kg" eingestellt ist, oder in (engl.) Pfund bei Einstellung des Drehzeigers über der mit „lb" bezeichneten Skala.

4.3.1 Gegeben: 234 US Gallons Benzin, spez. Gewicht 0,72
Gesucht: Gewicht in kg und lb
Ergebnis: 1407 lb; 637 kg

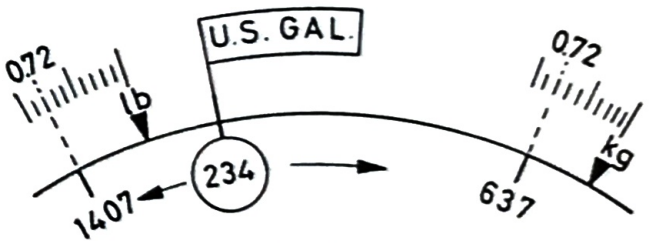

Abb. 11

4.3.2 Gegeben: 156 Imp Gallons Benzin, spez. Gewicht 0,74
Gesucht: Gewicht in lb
Ergebnis: 1157 lb

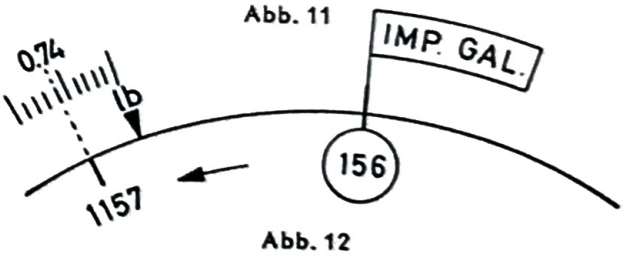

Abb. 12

5. Umrechnung von Zeiten und Geschwindigkeiten

Bei derartigen Aufgaben besteht gegenüber den bisherigen Umrechnungsbeispielen der Unterschied, daß sich die Zeit- und Geschwindigkeitsmarken in der beweglichen Skala (c) befinden. Die Marke der gegebenen Einheit muß auf den gegebenen Wert in der festen Skala eingedreht werden. Das Ergebnis steht dann gegenüber der entsprechenden Marke auf der Außenskala.

5.1 Umrechnung von Zeiten

5.1.1 Umrechnung von Minuten in Stunden

In der Minutenskala (c) und in der Stundenskala (d) stehen sich die entsprechenden Werte für 1 bis 10 Stunden gegenüber. Am inneren Rand des schwarzen Ringes ist die Stundenskala bis 20 Stunden = 1200 Minuten fortgesetzt. Beim AVIATJET 647 gibt es nur zwei Marken für 11 und 12 Stunden.

5.12 Umrechnung von Minuten in Sekunden mit den Marken △ und sec

Gegeben: 17 Minuten

Gesucht: Anzahl der Sekunden

Ergebnis: 1020 sec

Die Stundenmarke △, die gleichzeitig als Minutenmarke gilt, wird auf 17 in Skala (b) gestellt. Über der Sekundenmarke sec steht dann das Ergebnis 1020 sec. Aus der Fig. 13 geht hervor, daß die Umkehrung der Aufgabe in der gleichen Weise gerechnet wird.

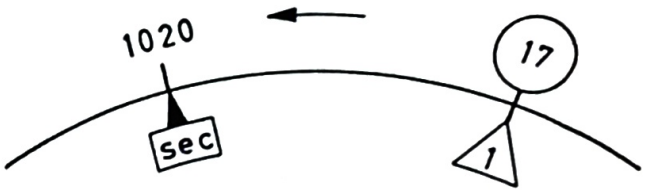

Abb. 13

5.2 Umrechnung von Geschwindigkeiten

5.2.1 Umrechnung von m/sec in km/h

Die Marke sec erleichtert mit ihrer Lage bei dem Wert 36 auch die Umrechnung von Stunden in Sekunden. 1 h = 3600 sec und 1 m/sec = 3,6 km/h. Wird z. B. die Marke 10 der Minutenskala (c) gegenüber 35,8 m/s in Skala (b) gestellt, zeigt die Marke sec auf 129 km/h.

5.22 Umrechnung mit den Marken m/sec und ft/min

Gegeben: 500 ft/min

Gesucht: m/sec

Ergebnis: 2,54 m/sec

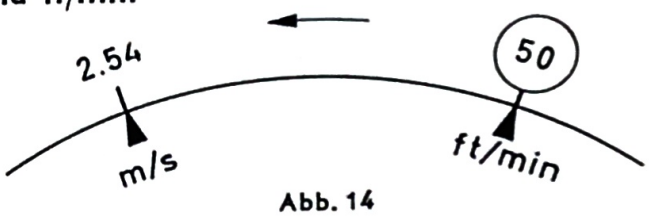

Abb. 14

6. Weg-Zeit-Geschwindigkeit-Aufgaben

Derartige Aufgaben sind immer als eingekleidete Aufgaben gegeben, die am zweckmäßigsten in die Form einer Proportion (Verhältnisgleichung) gebracht werden (vgl. 3.5).

6.1 Berechnung von Steig- oder Sinkzeiten bzw. -Geschwindigkeiten

6.1.1 Ein Flugzeug soll mit einer Steiggeschwindigkeit 700 feet/min von 2000 auf 11 000 Fuß steigen. Gesucht ist die Steigzeit für den Höhenunterschied 9000 Fuß.

Die Steiggeschwindigkeit 700 ft/min gibt an, daß das Flugzeug in einer Minute 700 ft steigt. Damit ist die Ausgangseinstellung für die Proportion gegeben:

$$\frac{700}{1} = \frac{9000}{x}$$

Einstellung: Stelle bewegliche 10 unter die Steiggeschwindigkeit 700.

Ablesung: Lies die Steigzeit 12,85 min auf der beweglichen Skala unter dem Höhenunterschied 9000 ab.

Ergebnis: Steigzeit ca. 13 Minuten

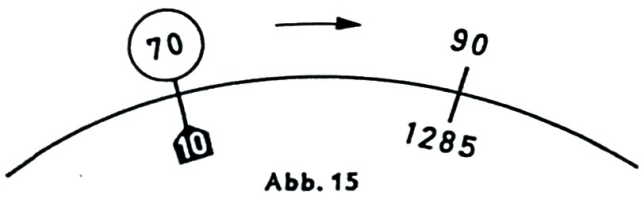

Abb. 15

6.1.2 Ein Flugzeug gibt in 14 Minuten 8500 ft Höhe auf. Gesucht ist die Sinkgeschwindigkeit.

Proportion: $\frac{8500}{14} = \frac{x}{1}$

Einstellung: 14 unter 85

Ablesung: 607 über 10

Ergebnis: Sinkgeschwindigkeit 607 ft/min

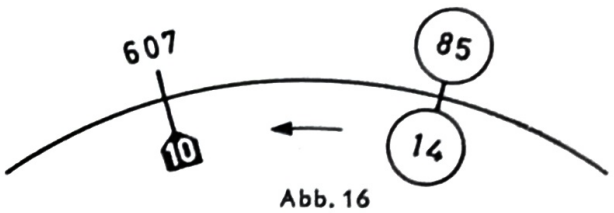

Abb. 16

6.2 Strecke-Grundgeschwindigkeit-Flugzeit

6.2.1 Bekannt: Grundgeschwindigkeit
246 Knoten
Flugstrecke 745 sm

Gesucht: Flugzeit

Ansatz: Knoten sind Seemeilen pro 1 Stunde, also:

$\frac{246}{1} = \frac{745}{x}$

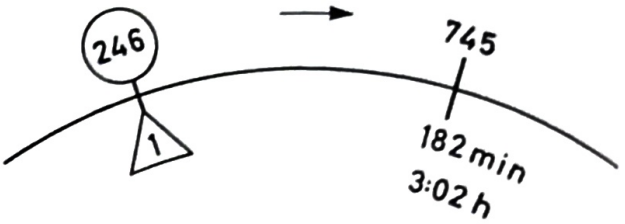

Abb. 17

Einstellung: Stelle die Stundenmarke 1 der Zeitskala unter die Grundgeschwindigkeit 246 auf der Außenskala (Entfernungsskala — Distance).

Ablesung: Lies unter der Strecke 745 der Entfernungsskala die Flugzeit 182 min = 3 : 02 h auf der Zeitskala ab. Die Stundenangabe steht im schwarzen Stundenkreis (d).

6.2.2 Bekannt: Strecke 412 km
Flugzeit 1 : 28 h = 88 min

Gesucht: Grundgeschwindigkeit

Einstellung: Stelle die Flugzeit 88 min auf der Zeitskala unter die Strecke 412 km auf der Entfernungsskala.

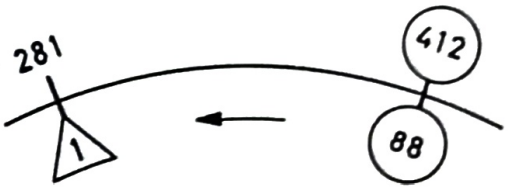

Abb. 18

Ablesung: Lies über der Stundenmarke 1 der Zeitskala die Stundengeschwindigkeit 281 km/h. Der Abstand der Marke ft/min von der Marke 1 gibt zufällig den ungefähren Umrechnungswert von km/h in kt, so daß über der Marke ft/min die Geschwindigkeit 153 kt steht. Der genaue Wert wäre zwei Teilstriche links der Marke 152 kt.

6.2.3 Bekannt: Grundgeschwindigkeit
247 Knoten
Flugzeit 2 : 16 h = 136 min

Gesucht: Zurückgelegte Strecke

Einstellung: Stelle die Stundenmarke 1 unter die Grundgeschwindigkeit 247 kt auf der Entfernungsskala.

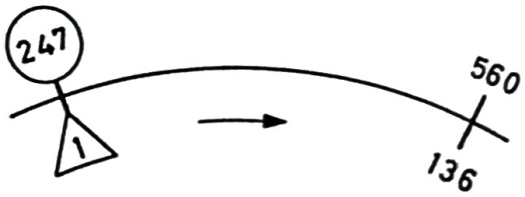

Abb. 19

Ablesung: Lies über der Flugzeit 136 min der Zeitskala die zurückgelegte Strecke 560 Seemeilen auf der Entfernungsskala ab.

6.2.4 Bestimmung des Punktes gleicher Zeiten

Wenn während des Fluges eine Motorenstörung auftritt, ist es für den Flugzeugführer wichtig zu wissen, ob der Zielflughafen oder der Ausgangsflughafen schneller erreicht werden kann. Zu diesem Zweck wird der Punkt gleicher Zeiten (C. P. = Critical Point oder P. E. T. = Point of Equal Time) berechnet, d. h. der Punkt, von dem aus der Weiterflug zum Ziel die gleiche Zeit erfordert wie der Rückflug zum Startort. Die hierzu benutzte Formel lautet:

$$T_x = \frac{T_F \cdot G_R}{G_H + G_R} \quad \text{(Zeitformel)}$$

T_x Flugzeit zum Punkt gleicher Zeiten,
T_F Flugplanzeit vom Abflug zum Zielort,
G_R Grundgeschwindigkeit auf dem Rückflug,
G_H Grundgeschwindigkeit auf dem Hinflug.

Die Entfernung vom Abflugort zum Punkt gleicher Zeiten wird mit folgender Formel berechnet:

$$D_x = \frac{D_Z \cdot G_R}{G_H + G_R} \qquad \text{(Distanzformel)}$$

D_x Entfernung vom Abflugort zum Punkt P_x
D_Z Entfernung vom Abflugort zum Zielort.

Die obige Gleichung läßt sich in eine für die Einstellung auf dem Navigations-Rechner handlichere Form bringen:

$$\frac{G_R}{G_H + G_R} = \frac{T_x}{T_F} \text{ oder } \frac{D_x}{D_Z}$$

Beispiel:

Gegeben: Gesamtflugstrecke 920 NM
$G_H = 240$ kt
$G_R = 210$ kt
Flugplanzeit $T_F = 3:50$ h
$= 230$ min

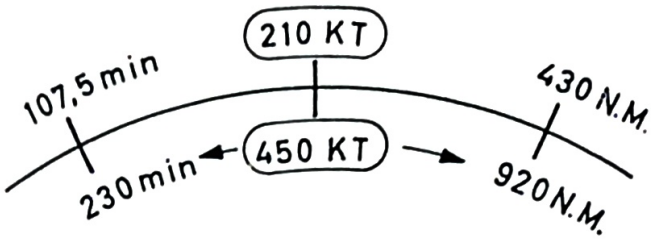

Abb. 20

Gesucht: 1. Nach welcher Flugzeit wird der Punkt P_x erreicht?
2. Wie weit ist der Punkt P_x vom Abflugort entfernt?

Zwischenrechnung: $G_H + G_R = 450$ kt

Einstellung: Stelle den Drehzeiger auf $G_R = 210$ in der Außenskala und drehe die Summe $G_H + G_R = 450$ in der drehbaren Skala unter den Zeigerstrich. Mit dieser Einstellung stehen sich nach obiger Proportion die entsprechenden Flugzeiten T bzw. Entfernungen D gegenüber.

Ablesung: 1. Drehe den Zeiger nach $T_F = 230$ der Innenskala und lies $T_x = 107{,}5$ min auf der Außenskala ab.

2. Drehe den Zeiger nach $D_Z = 920$ der Innenskala und lies $D_x = 430$ NM auf der Außenskala ab.

Ergebnis: Der Punkt gleicher Zeiten wird nach einer Flugzeit von 107,5 Minuten erreicht. Die geflogene Strecke beträgt dann 430 NM.

6.2.5 Bestimmung des letzten Umkehrpunktes

Der letzte Umkehrpunkt (Point of No Return) hängt von der Höchstflugdauer des Flugzeuges ab. Nach dem Überfliegen des letzten Umkehrpunktes reicht der Kraftstoffvorrat zu einer Rückkehr zum Ausgangsflughafen nicht mehr aus. Der Flug kann dann nur noch zum Ziel- oder Ausweichflughafen fortgesetzt werden. Vielfach wird auch der letzte sichere Umkehrpunkt (Point of Safe Return) ermittelt, dann liegt der Berechnung der Kraftstoffvorrat abzüglich der Warte- und etwaiger Ausweichreserven zugrunde.

Die Formel für die Flugzeit zum letzten Umkehrpunkt lautet:

$$T_u = \frac{T_{max} \cdot G_R}{G_H + G_R} \qquad T_{max} = \text{Maximale Flugdauer}$$

Diese Formel ist wie diejenigen des Abschnitts 6.2.4 aufgebaut, so daß auch hier wieder die gleiche Proportion gilt:

$$\frac{G_R}{G_H + G_R} = \frac{T_u}{T_{max}}$$

Beispiel: Maximale Flugdauer:
$6^1/_2$ Stunden = 390 min
G_H = 240 kt
G_R = 210 kt
$G_H + G_R$ = 450 kt

Abb. 21

Gesucht: P.N.R

Einstellung: Stelle G_R über $G_H + G_R$ wie unter 6.2.4.

Ablesung: Lies die Flugzeit zum letzten Umkehrpunkt auf der Außenskala ab, wenn der Drehzeiger über der maximalen Flugdauer auf der Innenskala steht.

Ergebnis: Der letzte Umkehrpunkt wird nach 182 min = 3 : 02 h erreicht. Wenn der Punkt geographisch festgelegt werden soll, bestimmt man die Entfernung zum letzten Umkehrpunkt mit G_H nach der üblichen Weg-Zeit-Rechnung (vgl. 6.2.3). Die Entfernung ist 728 NM.

7. Kraftstoffverbrauch

7.1 Bekannt: Stundenverbrauch 220 Imp Gal,
Flugzeit 3 : 24 h = 204 min
und spez. Gewicht 0,72.

Gesucht: Gesamtverbrauch und Gewicht des verbrauchten Kraftstoffs in (engl.) Pfund

Einstellung: Stelle die Stundenmarke ⚠ der Zeitskala unter den Stundenverbrauchswert 220 auf dem Außenring.

Ablesung: Lies den Gesamtverbrauch 748 Imp Gal auf dem Außenring über der Flugzeit 204 auf der Zeitskala ab.

Abb. 22

Zwischenergebnis:
Gesamtverbrauch 748 Imp Gal
Gewichtsberechnung (vgl. 4.3.2)
Ergebnis: 5390 lb

7.2 Bekannt: Gesamtverbrauch
1470 US Gal.
Flugzeit 4 : 05 h = 245 min

Gesucht: Stundenverbrauch

Ergebnis: Stundenverbrauch
360 US Gal.

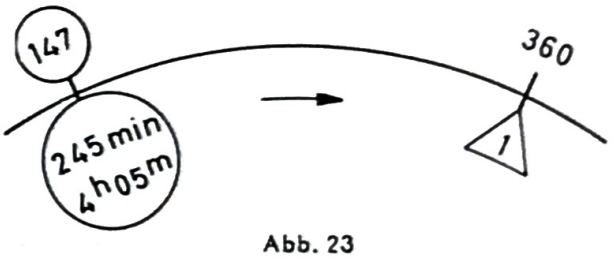

Abb. 23

7.3 Bekannt: Stundenverbrauch 320 Gal
Kraftstoffvorrat 1460 Gal

Gesucht: Maximale Flugdauer

Einstellung: Stelle die Stundenmarke der Zeitskala unter den Stundenverbrauch.

Ablesung: Lies unter dem Kraftstoffvorrat auf dem Außenring die maximale Flugdauer 274 min auf der Zeitskala ab.

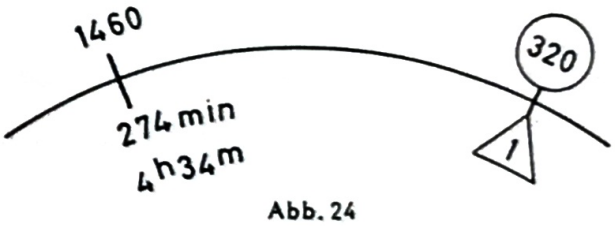

Abb. 24

8. Barometrische Navigation (Pressure Pattern Flying)

8.1 Berechnung der Querwindkomponente V_n aus Höhenvergleichsmessungen

Die Formel zur Berechnung der Querwindkomponente lautet:

$$V_n = \frac{C \cdot (D_2 - D_1)}{\sin \varphi_m \cdot ZF}$$

darin bedeuten:

- C Konstante 21,47,
- φ_m Mittelbreite zwischen den beiden Meßorten,
- D_1 Differenzwert in Fuß für die 1. Messung,
- D_2 Differenzwert in Fuß für die 2. Messung,
- ZF Zwischenflugstrecke in Naut Miles, berechnet mit der Eigengeschwindigkeit (Air Distance).

Die Breitenskala (LATITUDE) auf der Innenscheibe des Navigationsrechners berücksichtigt das Glied $\frac{C}{\sin \varphi_m}$ obiger Gleichung, d. i. der „K-Faktor". Damit wird die Gleichung vereinfacht:

$$\frac{D_2 - D_1}{ZF} = \frac{V_n}{K}$$

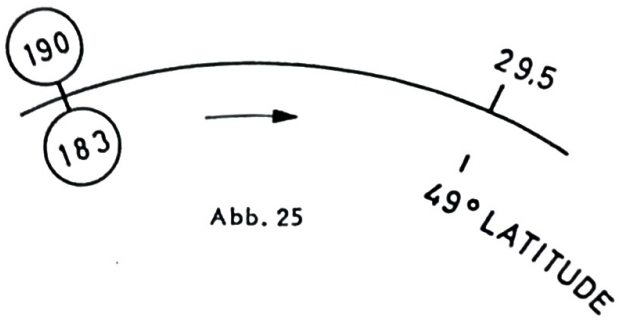

Abb. 25

Beispiel:

10.00 Uhr	absolute Höhe über NN:	10240 Fuß
	Druckhöhe:	10100 Fuß
	D_1	+140 Fuß
10.50 Uhr	absolute Höhe über NN:	10050 Fuß
	Druckhöhe:	10100 Fuß
	D_2	— 50 Fuß

$D_2 - D_1 = -50 - (+140) = -190$ Fuß

Eigengeschwindigkeit 220 kt

Zwischenflugstrecke in 50 min beträgt 183 NM, Mittelbreite = 49° N.

Der Wert $D_2 - D_1$ ist negativ, d. h. das Flugzeug fliegt von einem Gebiet höheren Drucks in ein Gebiet tieferen Drucks. Nach dem Barischen Windgesetz kommt der Wind bei diesen Bedingungen von links. Die Querwindkomponente ist somit positiv.

Einstellung: Stelle die Differenz der D-Werte (190) auf dem Außenring gegenüber der Zwischenflugstrecke 183 auf der Randskala der Innenscheibe. Drehe den Zeiger über die Mittelbreite 49° auf der LATITUDE-Skala.

Ablesung: Lies die Querwindkomponente $V_n = 29{,}5$ kt unter dem Drehzeiger auf dem Außenring ab.

8.2 Berechnung der seitlichen Windversetzung Z_n für die Zwischenflugzeit

Die hierbei anzuwendende Formel lautet:

$$\frac{D_2 - D_1}{V_e} = \frac{Z_n}{K}$$

- K K-Faktor (siehe unter 8.1),
- D_1 Differenzwert in Fuß für die 1. Messung,
- D_2 Differenzwert in Fuß für die 2. Messung,
- V_e effektive wahre Eigengeschwindigkeit zwischen den Messungen.

Der Z_n-Wert wird zur Bestimmung von Druckstandlinien (Pressure Lines of Position) gebraucht.

Beispiel: $D_2 - D_1 = -170$ Fuß
$V_e = 175$ kt
Mittelbreite: 38° N

Einstellung: Stelle die wahre Eigengeschwindigkeit 175 kt auf der Randskala der Innenscheibe unter die Differenz der D-Werte 170 Fuß auf dem Außenring und drehe den Drehzeiger über die Mittelbreite 38° auf der Latitude-Skala.

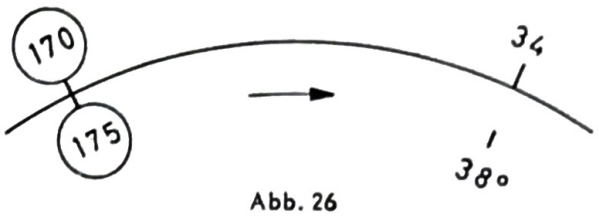

Abb. 26

Ablesung: Lies unter dem Zeigerstrich die seitliche Windversetzung $Z_n = 34$ NM für die Zwischenflugzeit auf dem Außenring ab.

$D_2 - D_1$ ist negativ, daher ist die Windversetzung senkrecht zum rechtweisenden Steuerkurs um 34 NM nach rechts vom Standort ohne Wind (Air Position) für den Zeitpunkt der 2. Messung abzutragen.

8.3 Bestimmung der Abtrift aus V_n oder Z_n

Die Bestimmung der Abtrift aus dem Wert der Querwindkomponente oder der seitlichen Windversetzung wird im Rahmen der Anleitung für die Lösung von Dreiecksaufgaben mit Hilfe des Navigationsrechners unter 11.1.9 erläutert.

9. Eigengeschwindigkeits-Berechnungen

9.1 Mit ARISTO-AVIAT 610 · 613 · 615 · 617 · 618

Fahrtmesser werden nach den Bedingungen der internationalen Standard-Atmosphäre für das Meeresniveau geeicht. Bei einer von der Standardluftdichte für das Meeresniveau unterschiedlichen tatsächlichen Luftdichte in Flughöhe weicht die wahre Eigengeschwindigkeit von der Fahrtmesseranzeige ab, auch wenn der Fahrtmesser sonst fehlerfrei ist oder etwaige Instrumentenfehler berücksichtigt worden sind. Für die jeweilige Luftdichte sind als Hauptfaktoren der Luftdruck und die Temperatur bestimmend. Wegen der Gesetzmäßigkeit der Luftdruckabnahme mit der Höhe kann zur Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit an Stelle des Luftdrucks die Flughöhe, und zwar die Druckhöhe (Pressure Altitude), eingesetzt werden.

Auf dem ARISTO-AVIAT 610, 613, 615, 617 und 618 werden die Eigengeschwindigkeits-Berechnungen unter Benutzung der mit AIR SPEED bezeichneten Skalen (vgl. Abb. 1, f) ausgeführt. Hierbei ist zu beachten, daß das Bordthermometer bei höheren Geschwindigkeiten infolge der Kompressibilitätserwärmung eine zu hohe Temperatur anzeigt. Vor der Einstellung auf dem Navigationsrechner muß daher die abgelesene Temperatur zunächst berichtigt werden. Zu diesem Zweck ist im Mittelfeld des ARISTO-AVIAT eine Doppelskala aufgetragen, der die Temperaturberichtigungswerte für die verschiedenen Eigengeschwindigkeiten entnommen werden können. Beispielsweise muß bei einer Geschwindigkeit von 600 km/h die Ablesung am Bordthermometer um 10° C verringert werden, für die Geschwindigkeit 500 kt ist die Berichtigung —23° C.

Die Berichtigungsskala kann nur einen Anhalt für den Korrekturwert geben, da die Größe des Anzeigefehlers durch die Reibungserwärmung von der Art und dem Einbauort des Temperaturfühlers abhängt. Genauere Korrekturwerte lassen sich aus der vom Flugzeughersteller für das betreffende Flugzeugmuster herausgegebenen Berichtigungstabelle entnehmen.

9.1.1 Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit

Bekannt: Fahrtmesseranzeige (V_a)
Berichtigte Außentemperatur (C. O. A. T.) in Celsius,
Druckhöhe (Pressure Altitude) in Fuß oder km.

Gesucht: Wahre Eigengeschwindigkeit V_e (True Air Speed = T. A. S.).

Einstellung: Stelle in der roten Skala (f) die berichtigte Außentemperatur auf der Temperaturskala C. O. A. T. unter die Druckhöhe (PRESS. ALT.) in km im oberen Fensterausschnitt oder über die Druckhöhe in Fuß im unteren Fensterausschnitt.

Ablesung: Lies die wahre Eigengeschwindigkeit (T. A. S.) auf dem Außenring über der Fahrtmesseranzeige auf der Randskala der Innenscheibe ab.

Beim Einstellen der Temperatur muß das Vorzeichen beachtet werden. Jedes Teilungsintervall entspricht 5°, so daß 1° geschätzt werden kann. Beziffert sind nur die Werte 20°, 40° usw. in der ft-Höhenskala gilt jedes Intervall von Teilstrich zu Teilstrich 1000 ft; dazwischen können 100 ft geschätzt werden. Die metrische Höhenskala gibt Teilstriche für alle 200 m. Mit Hilfe des Drehzeigers können die beiden Höhenskalen (PRESS. ALT.) zu einfachen Umrechnungen von ft in km und umgekehrt benutzt werden.

Beispiel:

Gegeben: $V_a = 170$ kt
Berichtigte Außentemperatur −5° C
Druckhöhe 9000 Fuß

Gesucht: Wahre Eigengeschwindigkeit V_e

Ergebnis: $V_e = 194$ kt

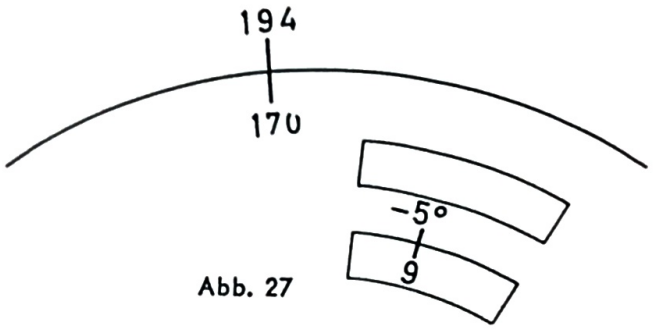

Abb. 27

9.1.2 Berechnung der Fahrtmesseranzeige

Bekannt: Wahre Eigengeschwindigkeit
$V_e = 230$ kt
Abgelesene Außentemperatur
−21° C Druckhöhe 6800 m

Gesucht: Fahrtenmesseranzeige

Temperaturberichtigung −5°,
berichtigte Außentemperatur −26° C
Einstellung: wie unter 9.1.1

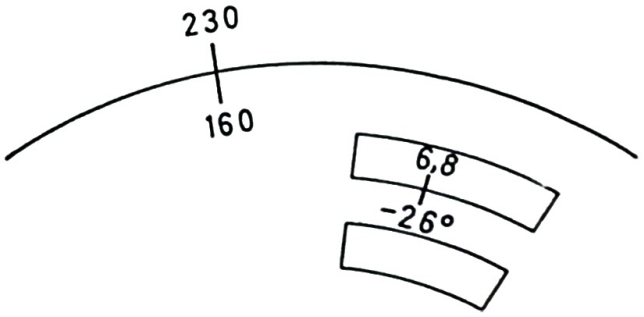

Abb. 28

Ablesung: Lies die Fahrtmesseranzeige auf der Randskala der Innenscheibe gegenüber der wahren Eigengeschwindigkeit auf dem Außenring ab.

Ergebnis: $V_a = 160$ kt

9.1.3 Kompressibilitätsberichtigung

Bei der Errechnung der wahren Eigengeschwindigkeit mit dem ARISTO-AVIAT 617 und 618 wird der durch die Kompressibilität der Luft hervorgerufene Fehler nicht berücksichtigt. Der dadurch entstehende Fehler nimmt erst bei Geschwindigkeiten von über 400 km/h und in größeren Flughöhen nennenswerten Umfang an. Der Kompressibilitätseffekt im Meeresniveau wird bereits bei der Fahrtmesser-Eichung erfaßt. Im allgemeinen stehen für Flugzeuge, deren Geschwindigkeit eine Berücksichtigung der Kompressibilität notwendig macht, besondere Berichtigungstabellen oder aber Geschwindigkeitsdiagramme zur Verfügung, in welche die Berichtigung eingearbeitet ist. Die Benutzung der Berichtigungstabellen oder der Diagramme, die vom Herstellerwerk auf Grund der Ergebnisse von Meßflügen zusammen mit den Flugleistungskurven herausgegeben werden, ermöglicht eine genaue Bestimmung der kompressibilitätsberichtigten wahren Eigengeschwindigkeit. Außerdem gibt es Eigengeschwindigkeitsmesser (True Air Speed Indicators), die unmittelbar die kompressibilitätsberichtigte wahre Eigengeschwindigkeit anzeigen. Einen anderen Weg zur Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit eröffnen die in Flugzeugen mit Düsentriebwerk eingebauten Machmeter auf Grund der Beziehung:

$$\text{Machzahl} = \frac{\text{wahre Eigengeschwindigkeit}}{\text{Schallgeschwindigkeit}}$$

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Kompressibilitätsberichtigung für die verschiedenen Höhen und Geschwindigkeiten:

Druckhöhe ft	Berichtigte Fahrtmesseranzeige in Knoten							
	200	250	300	350	400	450	500	550
10 000	1,0	1,0	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97
20 000	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93
30 000	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	0,91	0,90	0,89
40 000	0,96	0,94	0,92	0,90	0,90	0,87	0,87	0,86
50 000	0,93	0,90	0,87	0,86	0,86	0,84	0,84	0,84

Um die kompressibilitätsberichtigte wahre Eigengeschwindigkeit zu ermitteln, geht man in obige Tabelle mit den Werten der Druckhöhe und der berichtigten Fahrtmesseranzeige ein und entnimmt den zugehörigen Berichtigungsfaktor. Die in der üblichen Weise (vgl. 9.1) bestimmte Eigengeschwindigkeit wird dann mit dem Berichtigungsfaktor multipliziert. Das Ergebnis ist nicht ganz exakt, da die Temperatur in Flughöhe bei Abweichung von den Werten der Standard-Atmosphäre als dritte Variable unberücksichtigt bleibt.

Beispiel: Berichtigte Fahrtmesseranzeige 320 kt,
Flughöhe 20000 Fuß,
Abgelesene Außentemperat. —6°.
Geschätzte Eigengeschwindigkeit zur Entnahme der Temperaturberichtigung 430 kt,
Temperaturberichtigung —17°C,
dieser Wert zur abgelesenen Außentemperatur zugefügt, gibt die berichtigte Außentemperatur —23°C.

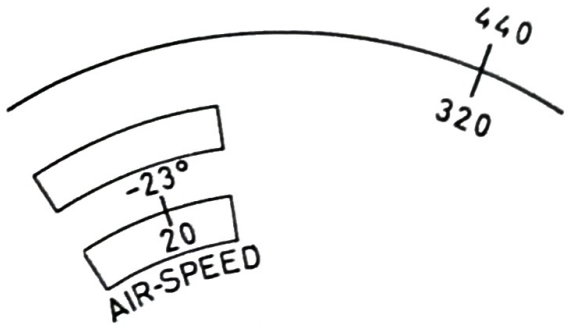

Abb. 29

Wahre Eigengeschwindigkeit (ohne Kompr.-Ber.) 440 kt,
Berichtigungsfaktor 0,97,
0,97 x 440 = 427 kt (komp.-berichtigte wahre Eigengeschwindigkeit).

9.1.4 Berechnung der Schallgeschwindigkeit und Machzahl

Nach der unter 9.1.3 angegebenen Beziehung zwischen Machzahl, Eigengeschwindigkeit und Schallgeschwindigkeit kann jederzeit aus zwei bekannten Größen die dritte berechnet werden.

9.1.4.1 Machzahl

Zur Bestimmung der Machzahl sind in den Skalenfeldern unter den Fensterausschnitten für die Eigengeschwindigkeitsberechnungen (AIR-SPEED) zwei Marken angebracht, die eine mit der Bezeichnung M (km/h) im Fensterausschnitt für Druckhöhen in km und die andere mit der Bezeichnung M (kt) im Fensterausschnitt für Druckhöhen in Fuß; die Marke M (kt) liegt außerhalb der eigentlichen Skala und wird von der Druckhöhenskala aus am besten durch Linksdrehung der Innenscheibe erreicht.

Einstellung: Stelle die Marke M (kt) gegenüber der Außentemperatur (C. O. A. T.) in Flughöhe ein.

Ablesung: Lies unter der wahren Eigengeschwindigkeit des Außenringes die Machzahl auf der drehbaren Skala ab.

Beispiel: Wahre Eigengeschwindigkeit 420 kt,
Außentemperatur in Flughöhe —35° C

Ergebnis: Machzahl 0.7

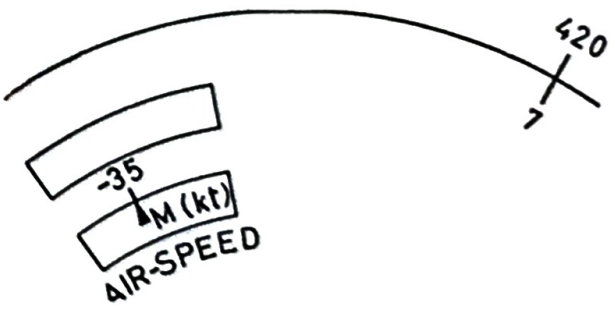

Abb. 30

9.1.4.2 Schallgeschwindigkeit

Da die Schallgeschwindigkeit sich mit der Temperatur ändert und die einfache Beziehung $C_s = \frac{V_e}{M}$ zwischen Machzahl, Eigengeschwindigkeit und Schallgeschwindigkeit besteht, kann durch die Einstellung der Außentemperatur auf die Marke M (kt) bzw. M (km/h) auch die Schallgeschwindigkeit berechnet werden.

Einstellung: Stelle die Marke M (kt) gegenüber der Außentemperatur in Flughöhe ein.

Ablesung: Lies über der Marke 10 der Minutenskala die Schallgeschwindigkeit in der festen Außenskala ab.

Beispiel: Außentemperatur in Flughöhe —35° C.

Ergebnis: Über Marke 10 steht die Schallgeschwindigkeit 600 kt.

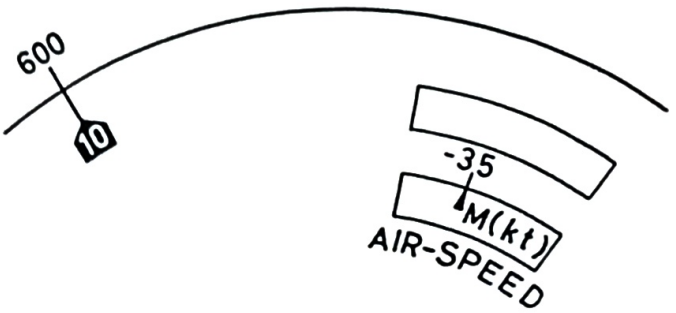

Abb. 31

9.2 Geschwindigkeitsberechnungen mit dem ARISTO-AVIATJET 647

Geschwindigkeitsberechnungen werden mit dem ARISTO-AVIATJET 647 für hohe Geschwindigkeiten und große Flughöhen vereinfacht. Die Kompressibilität der Luft wird bei der Berechnung automatisch berücksichtigt und die Temperaturerhöhung durch Kompressibilitätserwärmung des Außenthermometers wird im Fenster für TEMP. RISE abgelesen. Damit kann aus der Temperaturanzeige die wahre Außentemperatur errechnet werden.

Mit dem ersten Einstellvorgang durch Gegenüberstellung der CAL. AIRSPEED und der PRESS. ALTITUDE wird bereits die Machzahl im Fenster (y) angezeigt. Für die Ablesung der wahren Eigengeschwindigkeit ist zusätzlich eine Einstellung des Drehzeigers erforderlich.

9.2.1 Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit T.A.S.

Bekannt: Fahrtmesseranzeige V_a (C.A.S.) in kt
Temperaturanzeige in °C (Indicated Temperature)
Druckhöhe (Pressure Altitude) in ft.

Gesucht: Wahre Eigengeschwindigkeit T.A.S.
Machzahl
Temperaturerhöhung (Temperature Rise)
Berichtigte Außentemperatur

Einstellung: Stelle im gelb umrandeten Feld die Fahrtmesseranzeige C.A.S. und die Pressure Altitude in Skala (f) einander gegenüber. Bringe den Drehzeigerstrich zur Deckung mit dem Kreuzungspunkt von Leitspirale und Temperaturkurve (i) für die angezeigte Temperatur.

Beachte: Drehzeigerstriche sind für C_T = 1,0; 0,95; 0,9 und 0,8 vorhanden. C_T = Temperature recovery coefficient.

Die ausgezogenen Linien gelten für die standard stratosphere temperature von —6,5° C in ca. 35000 ft Höhe; die gestrichelten Linien gelten für die standard sea level temperature von +15° C. Für C_T = 1,0 wird der durchgehende Einzelstrich des Drehzeigers benutzt.

Ablesung: Lies die wahre Eigengeschwindigkeit in der mit TRUE AIRSPEED bezeichneten Skala (x) am Drehzeiger ab. Lies unter dem Strich des Drehzeigers in der Skala TEMP. RISE (z) die Temperaturerhöhung ab. Die Machzahl steht unter dem Ablesestrich des mit Mach gekennzeichneten Fensters (y).

Beachte: Die Temperaturerhöhung wird immer für C_T = 1,0 abgelesen. Wenn mit den Kurven des Läufers gearbeitet wird, ergibt sich die richtige Temperaturerhöhung aus Temp. Rise × C_T.

Beispiel für den Subsonic-Bereich $C_T = 1{,}0$

Gegeben: $V_a = 325$ kt
Press. Alt. = 22000 ft
Ind. Temp. = + 10° C

Gesucht: T.A.S. = 455 kt
Temp. Rise = + 27°
Außentemperatur = 10° − 27° = −17°
Mach = 0,727

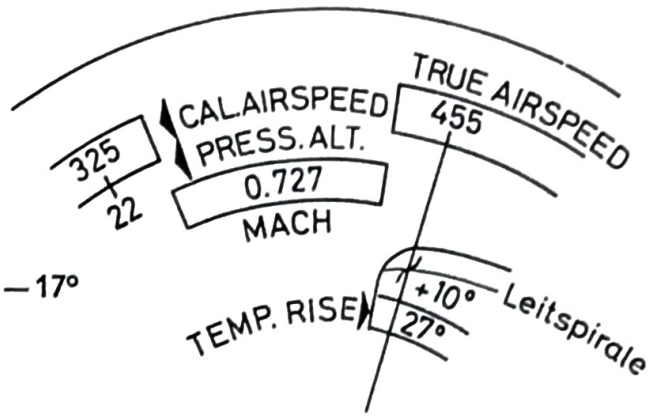

Abb. 32

Beispiel für den Supersonic-Bereich $C_T = 1{,}0$

Gegeben: $V_a = 437$ kt
Press. Alt. = 40000 ft
Ind. Temp. = +25° C

Gesucht: T.A.S. = 772 kt
Temp. Rise = 78°
Außentemperatur =
+25° −78° = −53° C
Mach = 1,34

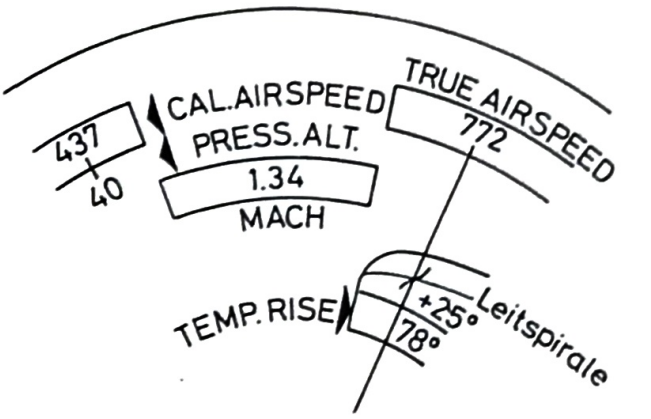

Abb. 33

Für $C_T = 0{,}8$ wird die mit 0,8 gekennzeichnete ausgezogene Läuferkurve auf die Kreuzung der Leitspirale mit + 25° C gestellt. Dann wird T.A.S. = 797 kt abgelesen und Temp. Rise = 82° C. Die wahre Temperaturerhöhung ist 82° × 0,8 = 65,6° C.

10. Höhenberechnungen

10.1 Berechnung der wahren Höhe

Der Höhenmesser ist nach den Bedingungen der Standard-Atmosphäre geeicht. Abweichungen des tatsächlichen Luftdrucks von den Standardwerten finden durch entsprechende Höhenmessereinstellung (QNH oder QFE) Berücksichtigung. Dagegen lassen sich Temperaturabweichungen, die ebenfalls eine Fehlanzeige zur Folge haben, nicht in der gleichen Weise wie die Luftdruckabweichungen durch eine Einstellung am Höhenmesser ausgleichen.
Zur Berechnung der wahren Höhe wird auf dem ARISTO-AVIAT die mit ALTITUDE bezeichnete Fensterskala (g) benutzt.

Bekannt: Druckhöhe (Pressure Altitude) 17000 ft,
QNH-Höhe 17500 ft
Berichtigte Außentemperatur −10° C

Gesucht: Wahre Höhe (True Altitude).

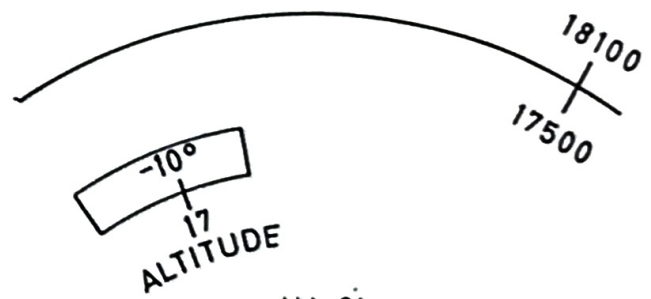

Abb. 34

Einstellung: Stelle die Druckhöhe 17000 Fuß unter die berichtigte Außentemperatur C.O.A.T. −10° C.

Ablesung: Lies über der QNH-Höhe 17500 der drehbaren Innenskala die wahre Höhe 18100 ft auf dem Außenring (T. ALT.) ab.

Ergebnis: 18100 ft.

10.2 Berechnung der Dichte-Höhe (Density Altitude)

10.2.1 Mit AVIAT 610 · 613 · 615 · 617 · 618

Dichte-Höhe ist diejenige Höhe, die in der Standard-Atmosphäre der in Flughöhe herrschenden Luftdichte entspricht. Da für die Flugleistungen nicht die absolute Flughöhe, sondern die in der Flughöhe herrschende Luftdichte maßgebend ist, sind die Flugleistungskurven auf die Dichte-Höhe abgestellt.

Einstellung: Stelle auf der Air Speed-Skala die berichtigte Außentemperatur gegenüber der Druckhöhe ein.

Ablesung: Lies, dem roten Hinweispfeil nach rechts folgend, die Dichte-Höhe in dem mit DENSITY ALTITUDE bezeichneten Fensterausschnitt an der Ablesemarke für km (am oberen Rand des Fensterausschnittes) oder an der Ablesemarke für Fuß (am unteren Rand des Fensterausschnittes) ab.

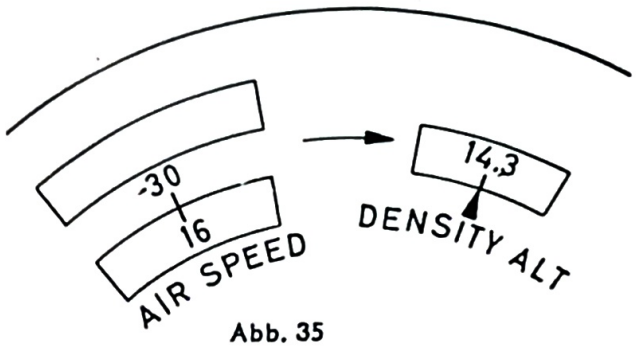

Abb. 35

Beispiel: Druckhöhe 16000 Fuß, Berichtigte Außentemperatur —30° C
Ergebnis: Dichte-Höhe 14300 Fuß.

10.2.2 Density Altitude mit AVIATJET 647

Die rote Skala (h) in dem mit DENSITY ALTITUDE × 1000 ft gekennzeichneten Fenster arbeitet mit der roten Temperaturskala im teilungsfreien Bereich der Skala CAL. AIRSPEED (f) und der Skala PRESS. ALT. zusammen.

Einstellung: Stelle die Druckhöhe in der mit PRESS. ALTITUDE bezeichneten Skala (f) unter die berichtigte Außentemperatur C. O. A. T. der roten Temperaturskala.

Ablesung: Lies im Fenster der roten Skala (h) die Density Altitude ab.

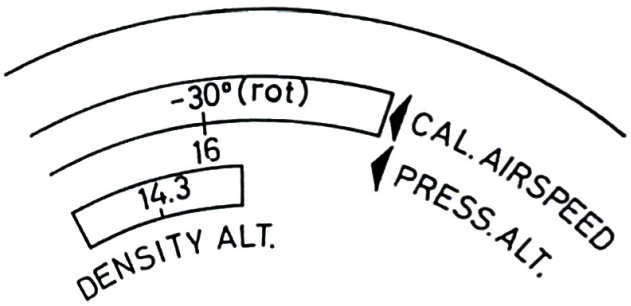

Abb. 36

Für das obige Beispiel im Kap. 10.2.1 ergibt die Abbildung 36 bei ähnlicher Einstellung und Ablesung dasselbe Ergebnis. Nach internationalem Brauch werden die Höhen nur in Fuß angegeben.

11. Graphische Lösung von Dreiecksaufgaben mit dem ARISTO-AVIAT 613-617-618-647

Auf der Rückseite des ARISTO-AVIAT 613, 617, 618 und AVIATJET 647 werden mit dem Diagrammschieber (o) und mit der drehbaren Zeichenfläche (n) Dreiecksaufgaben gelöst. Die radialen Abtriftlinien und die konzentrischen Kreisbögen des Diagrammschiebers dienen zur Lösung von Winddreiecksaufgaben. Die quadratisch aufgeteilten Felder der Diagrammseiten B, G und H werden zur Berechnung rechtwinkliger Dreiecke herangezogen.

Zum Beschreiben der mattierten Zeichenfläche sollen weiche Bleistifte oder Füllhalter benutzt werden; keinesfalls aber Kopierstifte, Farbstifte oder Kugelschreiber, deren Markierstriche weder abradiert noch abgewaschen werden können.

11.1 Winddreiecksaufgaben

Mit dem ARISTO-AVIAT lassen sich Winddreiecksaufgaben sehr anschaulich lösen. Zur Klärung der Aufgabenstellung wird die übliche Konstruktion des Winddreiecks aus den gegebenen Größen jeweils vorangestellt. Abb. 37 gibt eine allgemeine Übersicht über die Bezeichnungen im Winddreieck.

11.1.1 Das Winddreieck

Das Winddreieck ergibt sich aus der vektoriellen Zusammensetzung der Geschwindigkeiten, und zwar der Eigengeschwindigkeit V_e in Richtung der Flugzeuglängsachse und der Windgeschwindigkeit in Windrichtung. Die Resultierende daraus ist die Grundgeschwindigkeit V_g in Richtung des Kurses über Grund.

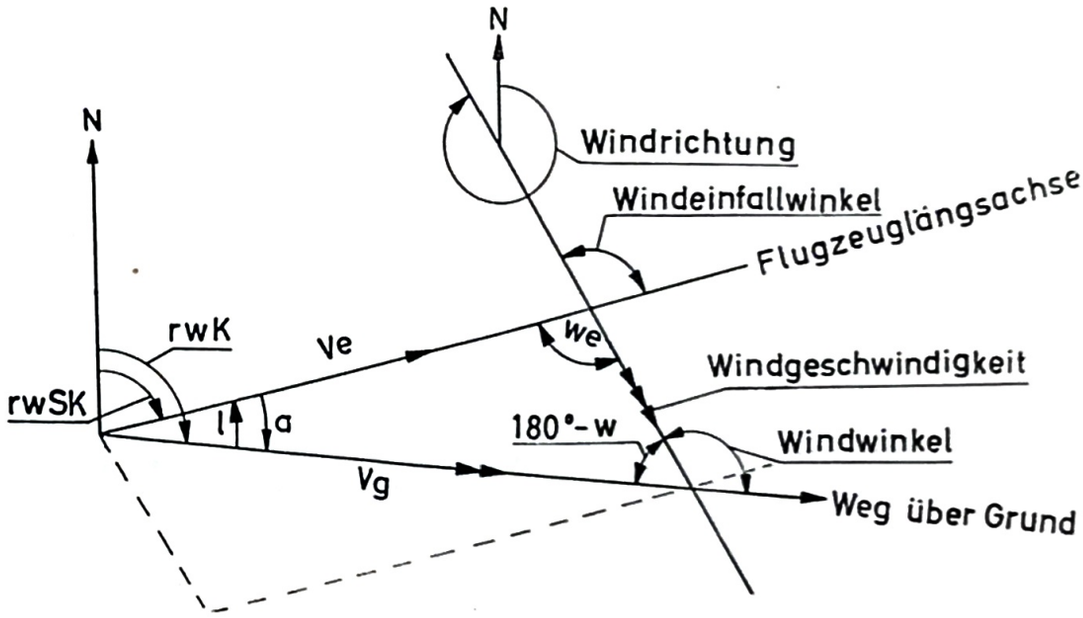

Abb. 37

Wenn das Flugzeug durch den Wind in bezug auf die Richtung der Flugzeuglängsachse nach rechts versetzt wird, dann erhält die Abtrift das Vorzeichen „plus", bei Versetzung nach links das Vorzeichen „minus".

Wenn die Flugzeuglängsachse in bezug auf den Kurs über Grund nach rechts vorgehalten wird, erhält der Luvwinkel das Vorzeichen „plus", bei Vorhalten nach links das Vorzeichen „minus".

Bei der graphischen Lösung mit dem ARISTO-AVIAT und ARISTO-AVIATJET entsteht das Winddreieck vor dem Auge des Benutzers, wenn der Windvektor auf der Zeichenfläche eingezeichnet und durch Verschieben des Diagrammschiebers an die Eigengeschwindigkeit angetragen wird.

Auf dem Diagrammschieber sind von der mittleren Nullinie ausgehend nach links und rechts fächerartige Abtriftlinien von Grad zu Grad aufgetragen, die alle 5° beziffert sind und sich bei rückwärtiger Verlängerung in dem Nullpunkt A schneiden würden. Die Kreisbögen um A sind Linien gleicher Geschwindigkeit, deren Bezifferung mit Null im Punkte A beginnend durchgeführt ist. Jede Diagrammseite stellt je nach dem festgelegten Geschwindigkeitsbereich immer nur einen Ausschnitt aus diesem System von radialen Linien und konzentrischen Kreisbögen zur Verfügung.

Die in Abb. 38 dargestellte Zeichnung zeigt die Entstehung des Winddreiecks bei der graphischen Lösung mit dem ARISTO-AVIAT und ARISTO-AVIATJET, wenn der rechtweisende Steuerkurs rw SK (Flugzeuglängsachse), die Eigengeschwindigkeit V_e (True Air Speed) und der Wind gegeben sind. Wird die Eigengeschwindigkeit V_e auf der Nullinie des Diagramms unter die zentrale Bohrung der Zeichenfläche gebracht und der Wind vom Zentrum beginnend nach Richtung und Geschwindigkeit eingezeichnet, dann können die radialen Linien des Diagramms als Kursrichtungen gelesen werden. Die Nullinie entspricht dem rw SK, und die radiale Linie durch den Endpunkt des Windvektors, die als Resultierende das Winddreieck vervollständigt, wird zum rechtweisenden Kurs rw K (Weg über Grund) mit der Geschwindigkeit über Grund Vg.

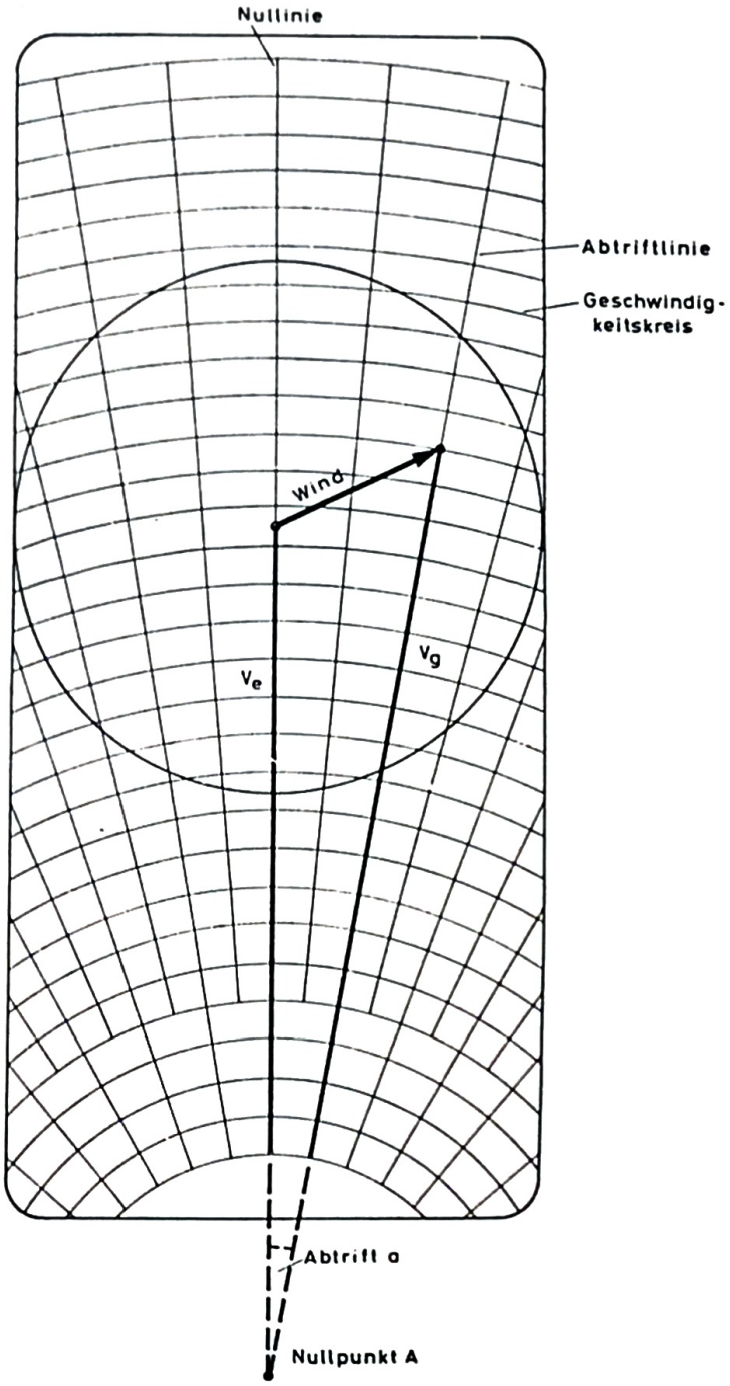

Abb. 38 Das Winddreieck auf dem ARISTO-AVIAT und ARISTO-AVIATJET

Der Drehzeiger beim ARISTO-AVIAT 613, 617 und AVIATJET 647 bringt den Vorteil, daß der Wind nicht immer eingezeichnet werden muß, sondern durch die Einstellung der Windrichtung und durch die Geschwindigkeitsskala auf dem Drehzeiger gegeben wird. Es genügt deshalb, unter dem Endpunkt des Windvektors die Geschwindigkeit über Grund und die Abtrift im Diagramm abzulesen.

In Abhängigkeit von den ausgewählten Geschwindigkeitsbereichen haben die Geschwindigkeitsskalen der im Kapitel 2 aufgeführten Diagrammschieber verschiedene Unterteilungen, demzufolge sind auf dem Drehzeiger entsprechende Skalen für die Windgeschwindigkeiten eingraviert. Um eine Verwechslung auszuschließen, sind die zusammengehörigen Skalen auf dem Diagrammschieber und auf dem Drehzeiger mit den gleichartigen Zeichen △, ○, □ und × gekennzeichnet.

11.1.2 Bestimmung der Abtrift und der Grundgeschwindigkeit

Bekannt: Rechtweisender Steuerkurs
Eigengeschwindigkeit
Wind

Gesucht: Abtrift und Grundgeschwindigkeit

Zeichnerische Lösung:

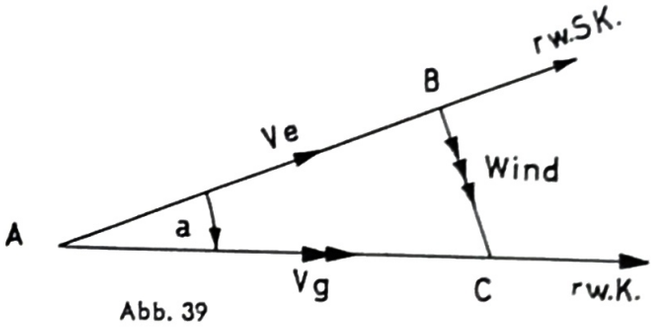

Abb. 39

(1) Man zeichnet vom Ausgangspunkt (A) die Richtung des rechtweisenden Steuerkurses und trägt darauf die Eigengeschwindigkeit ab.

(2) Vom Endpunkt (B) dieser Strecke trägt man den Wind leewärts nach Richtung und Stärke ab und erhält den Punkt C.

(3) Der Winkel BAC ist die Abtrift (a) und die Strecke AC gibt die Grundgeschwindigkeit an.

Lösung mit ARISTO-AVIAT 613, 617 und AVIATJET 647.

(a) Stelle an der Marke TRUE INDEX den rechtweisenden Steuerkurs ein und schiebe die Eigengeschwindigkeit auf der Nullinie des Diagramms unter den Mittelpunkt der transparenten Scheibe.

(b) Stelle mit dem zum Diagramm passend markierten Ende des Drehzeigers die gegebene Windrichtung **leewärts** ein, also unter Benutzung der roten Bezifferung der Kursrose.

(c) Suche auf der Skala des Drehzeigers die Windgeschwindigkeit auf und lies darunter auf dem Diagrammschieber die Abtrift an den radialen Abtriftlinien und die Grundgeschwindigkeit an den Geschwindigkeitskreisen ab. Mitunter ist es vorteilhaft, die Bleistiftspitze auf den Endpunkt des Windvektors zu halten, um die Ablesung zu erleichtern.

Beispiel:

Gegeben: rw SK = 120°
V_e = 210 kt
Wind = 250°/30 kt

Gesucht: Abtrift und V_g

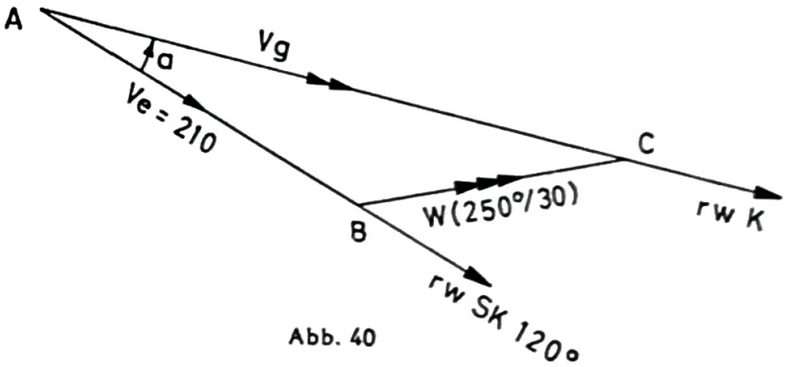

Abb. 40

Einstellung: Stelle 120° unter die Marke TRUE INDEX (Abb. 41), schiebe 210 kt des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Transparentscheibe.

Drehe den Zeiger auf die rotbezifferte Windrichtung 250° der Kursrose und stelle den Windvektor damit leewärts ein.

Ablesung: Unter der Windgeschwindigkeit 30 kt der Zeigerskala lies die Abtrift —6° und die Grundgeschwindigkeit 230 kt auf dem Diagrammschieber ab.

Neben dem TRUE INDEX sind nach links und rechts die mit DRIFT LEFT und DRIFT RIGHT bezeichneten Gradbögen von 0° bis 50° beziffert, sie dienen zum Addieren und Subtrahieren von Richtungen. Unter 6° des mit einem Minuszeichen markierten linken Gradbogens kann beim obigen Beispiel in der Kursrose der rw K 114° abgelesen werden.

Der ARISTO-AVIAT 618 hat keinen Drehzeiger, deshalb wird zunächst die Windrichtung mit der schwarzen Kursrose an der TRUE INDEX-Marke eingestellt und die Windstärke vom Mittel-

punkt aus nach **unten** abgetragen (Abb. 42). Dazu wird die Geschwindigkeitsunterteilung längs der Nullinie des Diagrammschiebers benutzt. Es genügt, den Endpunkt des Windvektors durch ein kleines Kreuz oder einen Punkt zu markieren. Man stellt dann den rechtweisenden Steuerkurs unter die Marke TRUE INDEX und liest unter der Markierung, wie oben unter (c) beschrieben, die Abtrift und die Grundgeschwindigkeit ab.

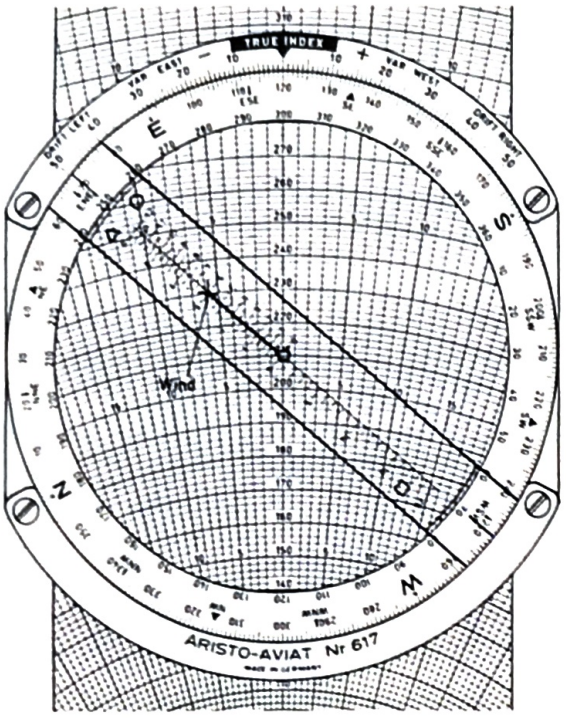

Abb. 41

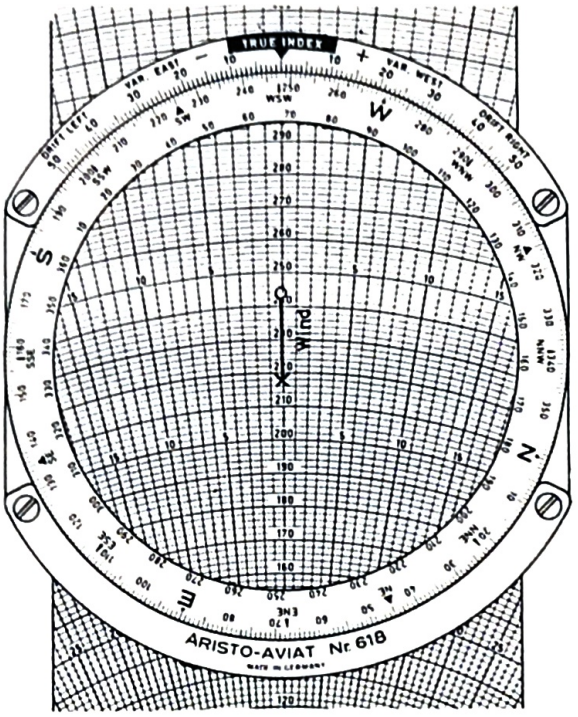

Abb. 42

Beispiel:

Gegeben: rw SK und V_e wie oben
Wind 248°/26 kt

Gesucht: Abtrift und V_g

Einstellung: (1) Windrichtung 248° gegen Marke TRUE INDEX (Abb. 42)
(2) Vom Mittelpunkt der Transparentscheibe aus 26 kt nach unten abtragen (hierzu kann man beispielsweise 226 auf der Mittelachse des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Transparentscheibe stellen und das Ende des Windvektors bei 200 markieren).
(3) rw SK = 120° gegen Marke TRUE INDEX
(4) V_e = 210 kt unter Mittelpunkt der Transparentscheibe

Ablesung: Lies unter dem Endpunkt des Windvektors die Abtrift —5° und die Grundgeschwindigkeit 227 kt auf dem Diagrammschieber ab.

11.1.3 Bestimmung des Luvwinkels und der Grundgeschwindigkeit

Bekannt: Rechtweisender Kurs (Kartenkurs bzw. beabsichtigter Kurs über Grund)
Eigengeschwindigkeit
Wind

Gesucht: Luvwinkel und Grundgeschwindigkeit

Zeichnerische Lösung:

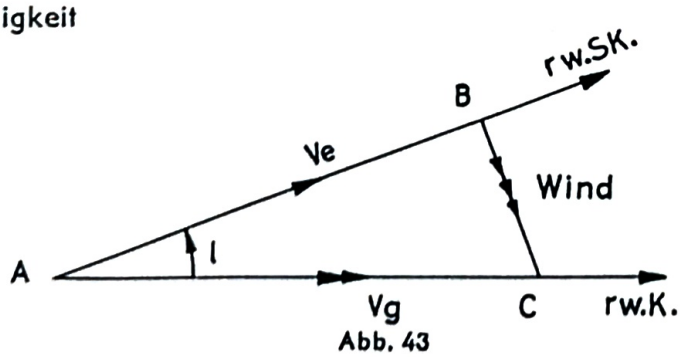

Abb. 43

(1) Zeichne die Richtung des rechtweisenden Kurses.

(2) Trage von einem beliebigen Punkt C der Kurslinie aus den Wind mit seiner Stärke **luvwärts** ab.

(3) Schlage um den Endpunkt B dieses Windvektors einen Kreis mit der Eigengeschwindigkeit und verbinde den Schnittpunkt A von Kreisbogen und Kurslinie rw K mit B. Der Winkel BAC ist der Luvwinkel, und die Strecke AC ist die Grundgeschwindigkeit V_g.

Lösung mit ARISTO-AVIAT 613, 617 und AVIATJET 647

(a) Stelle unter der Marke TRUE INDEX den rw K ein.

(b) Drehe den Zeiger auf die gegebene Windrichtung und benutze in diesem Falle die schwarze Bezifferung der Kursrose, um den Wind **luvwärts** einzustellen.

(c) Schiebe mit dem entsprechenden Kreisbogen des Diagrammschiebers die Eigengeschwindigkeit unter die Windgeschwindigkeit der Drehzeigerskala.

(d) Lies an der gleichen Stelle den Luvwinkel zwischen den Abtriftlinien des Diagrammschiebers und unter dem Mittelpunkt der Transparentscheibe die Geschwindigkeit ab.

Beispiel:

Gegeben: rw K = 48°
Wind = 350°/30 kt
V_e = 210 kt

Gesucht: l und V_g.

Einstellung: 48° unter Marke TRUE INDEX (Abb. 45)

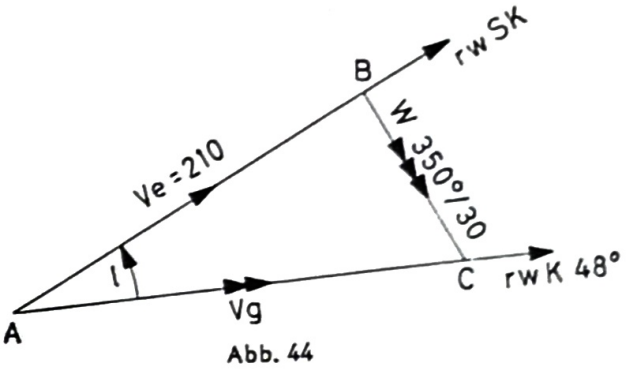

Abb. 44

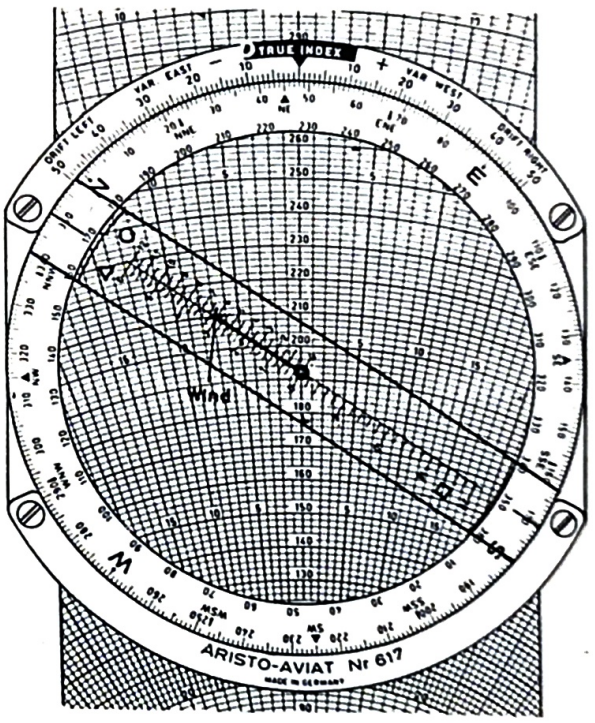

Abb. 45

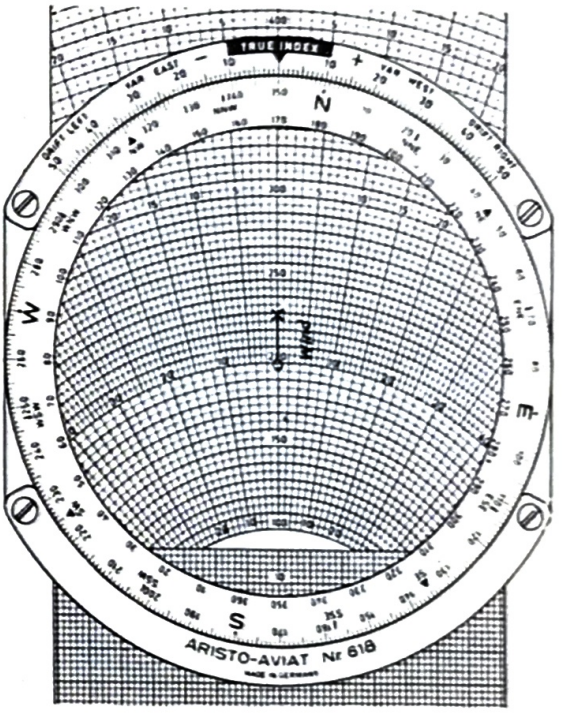

Abb. 46

Stelle den Drehzeiger auf 350° der schwarzen Gradteilung (luvwärts) und schiebe den mit 210 bezifferten Bogen des Diagramms unter die Windgeschwindigkeit 30 der entsprechenden Zeitskala.

Ablesung: Lies unter dem Endpunkt des Windvektors den Luvwinkel mit —7° und unter dem Mittelpunkt der Zeichenfläche die Grundgeschwindigkeit mit 192 kt auf dem Diagrammschieber ab. Der zu steuernde rw SK ist 41°.

Beim ARISTO-AVIAT 618 stelle zuerst die Windrichtung 350° der Kursrose unter den TRUE INDEX und trage den Windvektor mit dem Endpunkt bei 30 kt Windgeschwindigkeit nach oben (luvwärts) ab (Abb. 45). Drehe anschließend den

rw K 48° unter den TRUE INDEX und stelle V_e = 210 kt des Diagrammschiebers unter den Endpunkt des Windvektors. In Abb. 46 ist die Diagrammseite B benutzt, um zu zeigen, wie die Länge des Windvektors vom Diagramm abhängt.

11.1.4 Bestimmung des Windes aus Abtrift und Grundgeschwindigkeit

Gegeben: Rechtweisender Steuerkurs
Eigengeschwindigkeit
Grundgeschwindigkeit
Abtrift

Gesucht: Wind

Zeichnerische Lösung:

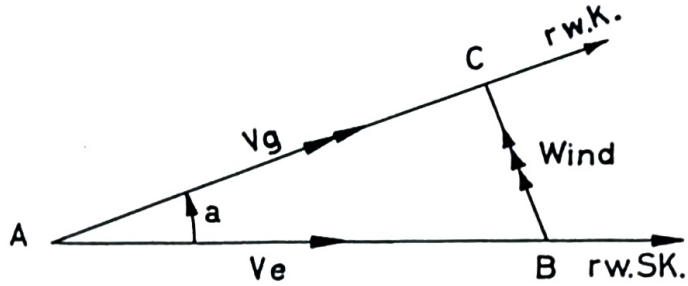

Abb. 47

(1) Zeichne den rechtweisenden Steuerkurs und trage darauf die Eigengeschwindigkeit V_e (Strecke AB) ab.
(2) Im Ausgangspunkt trage den Abtriftwinkel nach der entsprechenden Seite (+ nach rechts, — nach links) an und trage auf diesem rw K die Strecke AC als V_g ab.
(3) Die Verbindungslinie zwischen B und C gibt den Wind nach Richtung und Stärke an.

Lösung mit ARISTO-AVIAT 613 und 617:
(a) Stelle den rechtweisenden Steuerkurs unter die Marke TRUE INDEX.
(b) Schiebe die Eigengeschwindigkeit unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(c) Markiere den Schnittpunkt zwischen Abtriftlinie und Grundgeschwindigkeitskreisbogen.
(d) Stelle den Drehzeiger auf den markierten Punkt und benutze dazu die zur Diagrammskala passende Windskala.
(e) Lies auf der Zeigerskala über der Punktmarkierung die Windgeschwindigkeit und auf der Kursrose (rote Ziffern) die Windrichtung ab.

Beispiel:

Gegeben: rw SK = 310°
V_e = 200 kt
V_g = 176 kt
a = + 7°

Gesucht: Wind nach Richtung und Geschwindigkeit

Einstellung: 310° unter TRUE INDEX (Abb. 49)

200 kt unter Mittelpunkt der Transparentscheibe

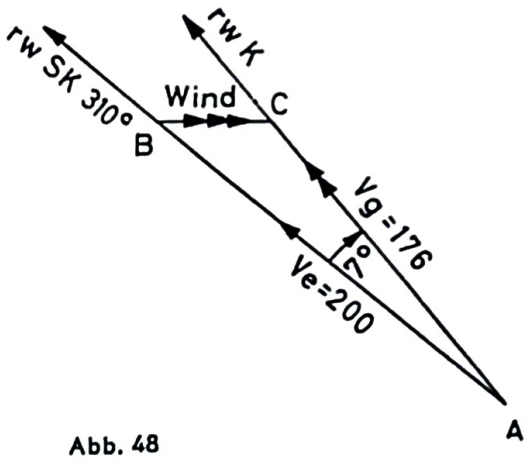

Abb. 48

Drehzeiger über den Schnittpunkt der Abtriftlinie + 7° (nach rechts) mit dem Geschwindigkeitsbogen 176 kt stellen, die Markierung ist nicht unbedingt erforderlich.

Ablesung: Lies den Wind mit 270° und 33 kt mit Hilfe des Drehzeigers ab.

Bei Verwendung des ARISTO-AVIAT 618 markiere den Windpunkt und drehe ihn nach unten auf die Nullinie des Diagrammschiebers. Lies die Windrichtung (schwarze Ziffern) unter der Marke TRUE INDEX ab. Die Windgeschwindigkeit wird in der üblichen Weise unter Benutzung der Geschwindigkeitsskala auf der Nullinie des Diagrammschiebers abgezählt. Diese Ablesung wird erleichtert, wenn ein runder Wert des Schiebers, z. B. 200, unter den Endpunkt des Windvektors oder den Mittelpunkt der Zeichenfläche gestellt wird (Abb. 50).

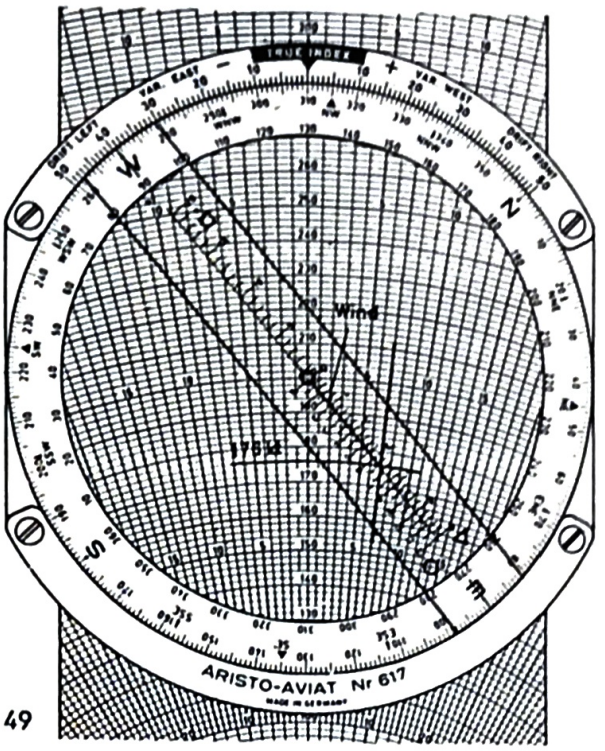

Abb. 49

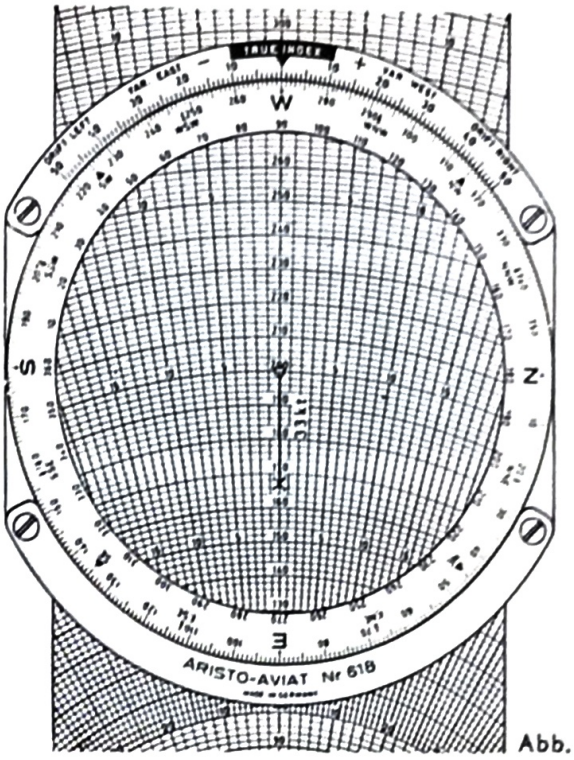

Abb. 50

11.1.5 Bestimmung des Windes aus zwei oder mehreren Abtriften

Wenn aus zwei rechtweisenden Steuerkursen, die, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen, einen Gradunterschied von wenigstens 45° haben sollen, die Abtrift gemessen wird, läßt sich bei bekannter Eigengeschwindigkeit der Wind bestimmen.

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

(a) Stelle zunächst die Eigengeschwindigkeit auf dem Diagrammschieber unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(b) Stelle den 1. rechtweisenden Windkurs an der TRUE INDEX-Marke ein.
(c) Ziehe mit einem Bleistift die 1. gemessene Abtrift entlang der Abtriftlinie des Diagrammschiebers auf der Zeichenfläche nach.
(d) Stelle den 2. rechtweisenden Windkurs an der Marke TRUE INDEX ein.
(e) Suche auf dem Diagrammschieber die Abtriftlinie, die der 2. gemessenen Abtrift entspricht, und markiere auf der zuvor eingezeichneten Bleistiftlinie den Schnittpunkt.
(f) Drehe den Zeiger auf den Schnittpunkt und lies Windrichtung und Windgeschwindigkeit ab.

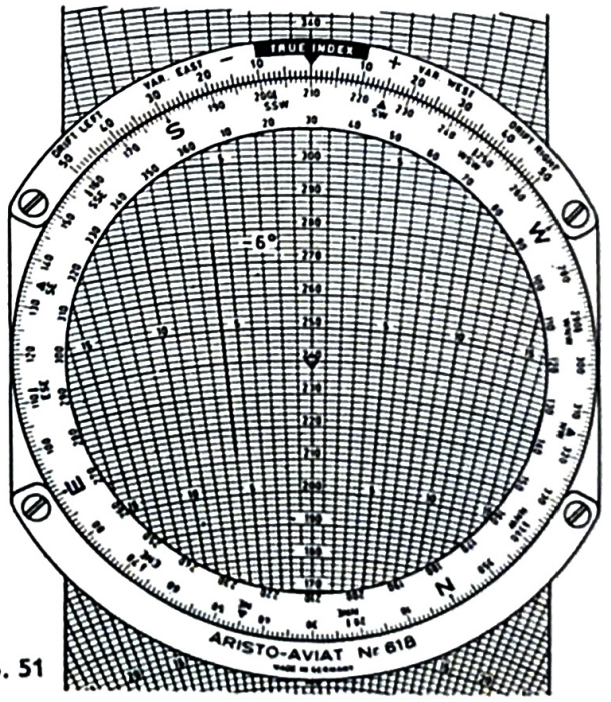

Abb. 51

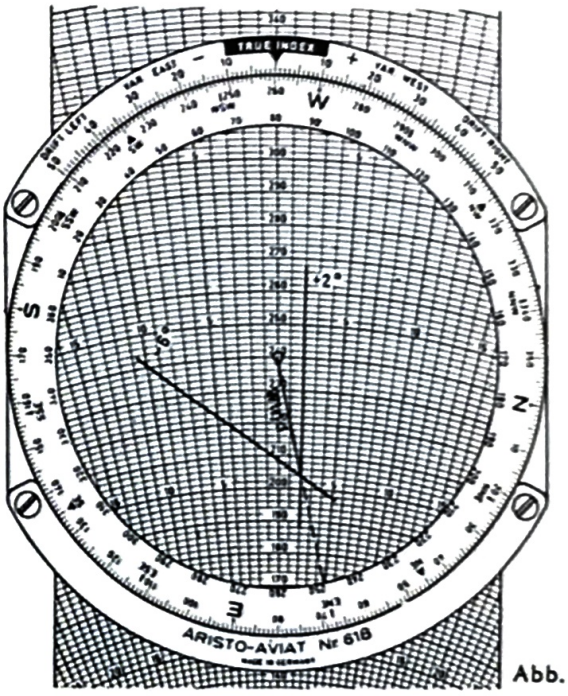

Abb. 52

Beispiel: $V_e = 240$ kt
1. rw SK = 210° a = − 6°
2. rw SK = 260° a = + 2°

Einstellung: (1) 240 kt unter Mittelpunkt der Zeichenfläche
(2) 210° unter TRUE INDEX (Abb. 51)
(3) Ziehe die −6° Abtriftlinie mit dem Bleistift nach
(4) 260° unter TRUE INDEX (Abb. 52)
(5) Markiere den Schnittpunkt der +2° Abtriftlinie mit der vorher eingezeichneten Bleistiftlinie
(6) Bringe den Drehzeiger über die Markierung
(7) Lies die Windrichtung mit 248° und die Windstärke mit 36 kt ab

Bei Benutzung des AVIAT 618 den Schnittpunkt der Abtriftlinien nach unten über die Nullinie des Diagrammschiebers drehen und die Windrichtung unter TRUE INDEX ablesen.

Ergebnis: Wind 248°/36 kt

11.1.6 Nachkoppeln

Zum Nachkoppeln benutzt man die quadratische Unterteilung auf der Seite B, G oder H des Diagrammschiebers.

Bekannt: Die geflogenen rechtweisenden Steuerkurse und Flugzeiten, die Eigengeschwindigkeit und der Wind.

Gesucht: Richtung und Entfernung des Koppelortes vom Ausgangspunkt für das Nachkoppeln.

Einstellung: (1) Stelle den ersten rechtweisenden Steuerkurs unter die Marke TRUE INDEX.
(2) Stelle den oberen Rand der quadratischen Einteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche und trage in geeignetem Maßstab die Flugstrecke senkrecht nach unten ab, die ohne Berücksichtigung des Windeinflusses mit dem ersten Steuerkurs zurückgelegt ist.
(3) Stelle den zweiten rechtweisenden Steuerkurs ein und trage vom Endpunkt des ersten Kurses senkrecht nach unten die Flugstrecke für den zweiten Kurs ab.
(4) Verfahre in gleicher Weise bei etwaigen weiteren Kursen.
(5) Stelle die Windrichtung an der Marke TRUE INDEX ein.
(6) Trage die Gesamtwindversetzung für die auf den verschiedenen Steuerkursen geflogene Zeit vom Endpunkt der aneinander gekoppelten rechtweisenden Steuerkurse senkrecht nach oben ab.
(7) Drehe den Endpunkt des so eingetragenen Windvektors nach unten auf die Nullinie des Diagrammschiebers ein.

Ablesung: Lies unter der Marke TRUE INDEX die Richtung des Koppelortes vom Ausgangspunkt ab.

Die Entfernung des Koppelortes vom Ausgangspunkt ergibt sich als Abstand des Endpunktes des Windvektors vom Mittelpunkt der Zeichenfläche. Zur Ablesung benutze man die Bezifferung auf der Mittelachse des Diagrammschiebers.

Beispiel:

Gegeben: $V_e = 255$ kt Wind 340°/50 kt
1. rw SK = 145°, Flugzeit 6 min (25,5 NM Flugstrecke, vgl. Kap. 6.2.3)
2. rw SK = 90°, Flugzeit 4 min (17 NM Flugstrecke)
3. rw SK = 20°, Flugzeit 7 min (30 NM Flugstrecke)

Gesucht: Richtung und Entfernung des Koppelortes vom Ausgangspunkt.

Zeichnerische Lösung:

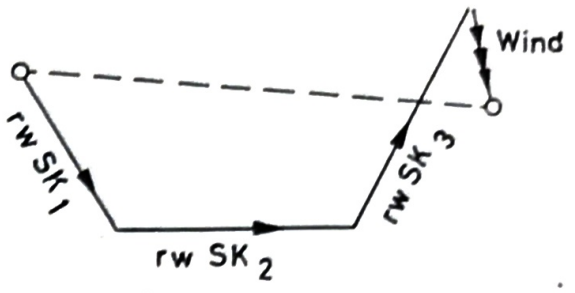

Abb. 53

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

Einstellung: (1) Stelle 145° unter TRUE INDEX und den oberen Rand (Nullinie) der Quadratteilung auf Diagrammseite B, G oder H unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.

(2) Trage vom Mittelpunkt aus senkrecht nach unten den ersten Punkt bei 25,5 NM ab

(3) 90° unter TRUE INDEX.

(4) Ziehe die Nullinie des Quadratnetzes unter den ersten Punkt und trage vom Endpunkt des ersten Kurses aus senkrecht nach unten 17 NM ab.

(5) 20° unter TRUE INDEX.

(6) Ziehe die Nullinie unter den zweiten Punkt und trage 30 NM nach unten ab, um den dritten Punkt zu erhalten.

(7) Windrichtung 340° unter TRUE INDEX.

(8) Ziehe den unteren Rand des Quadratnetzes unter den letzten Punkt und trage die Windversetzung 14 NM senkrecht nach oben ab.
Die Windversetzung für die Gesamtflugzeit 17 min ergibt sich aus einer Verhältnisgleichung mit der Windgeschwindigkeit 50 kt.

$$\frac{50}{\triangle} = \frac{\text{Windversetzung}}{\text{Gesamtflugzeit}}$$

(9) Drehe den Endpunkt des Windvektors nach unten über die Mittelachse des Diagrammschiebers und ziehe die Nullinie des Quadratnetzes unter den Mittelpunkt.

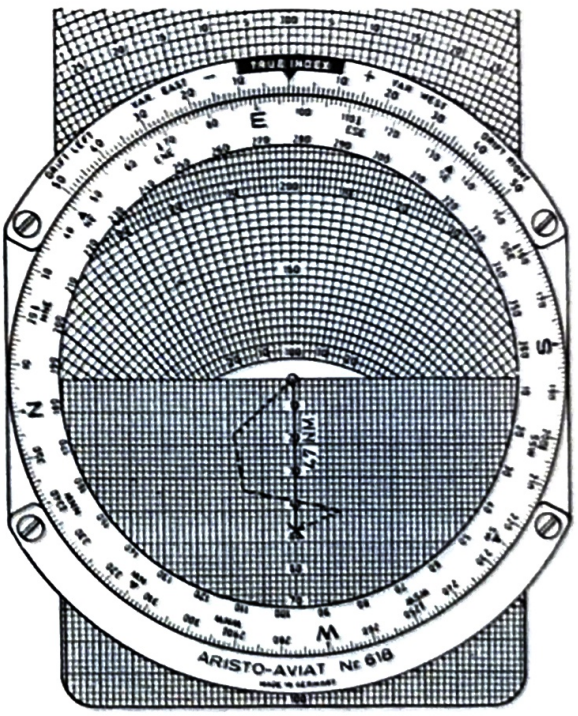

Abb. 54

Ablesung: Lies bei der TRUE INDEX-Marke die Richtung des Koppelortes mit 97° ab. Entfernung vom Ausgangspunkt 47 NM.

11.1.7 Kursverbesserung

Bekannt: Seitliche Versetzung (in NM) des Flugzeuges von der Sollkurslinie. Entfernung des Flugzeuges vom Ausgangspunkt.

Gesucht: Kursfehler und Kursberichtigung

Rechengang:
(1) Stelle eine der Haupthimmelsrichtungen unter die TRUE INDEX-Marke.
(2) Trage die seitliche Versetzungsstrecke vom Zentrum aus anhand der Nullinie des Diagrammschiebers nach oben oder unten ab.
(3) Stelle eine um 90° verschiedene Haupthimmelsrichtung unter die TRUE INDEX-Marke.
(4) Stelle die geflogene Entfernung auf der Nullinie des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(5) Lies unter dem Endpunkt der Versetzung den Kursfehler in Grad unter Benutzung der Abtriftlinien auf dem Diagrammschieber ab.
(6) Stelle die noch zu fliegende Entfernung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche und lies den Kursverbesserungswinkel für die Strecke bis zum Bestimmungsort in entsprechender Weise wie unter Ziffer (5) ab.
(7) Addiere die beiden Gradwerte und bringe die so erhaltene Gesamtberichtigung an den rechtweisenden Steuerkurs bei Versetzung nach rechts durch Subtraktion, bei Versetzung nach links durch Addition an.

Beispiel:

Gegeben: Rechtweisender Steuerkurs 100°
Zurückzulegende Strecke 380 NM
Seitliche Versetzung 24 NM nach rechts nach einer Flugstrecke von 210 NM

Gesucht: Kursverbesserungswinkel

Zeichnerische Lösung:

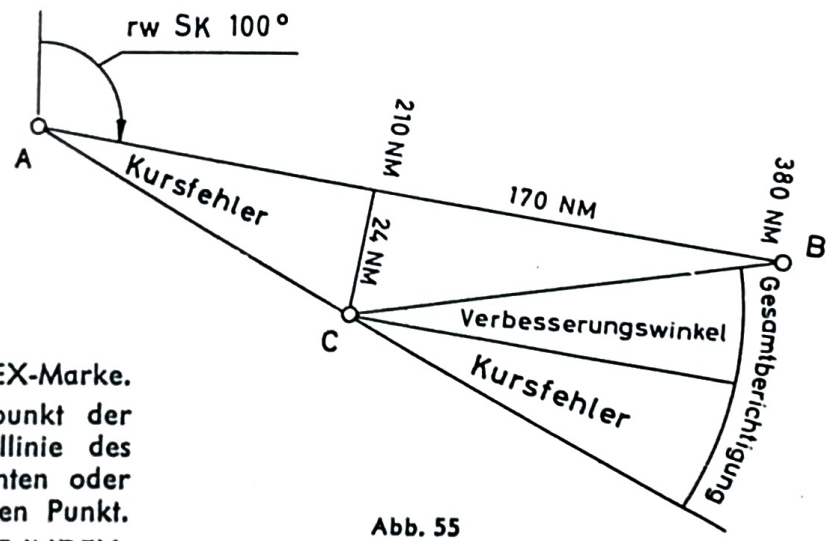

Abb. 55

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

Einstellung:
(1) Stelle N unter die TRUE INDEX-Marke.
(2) Zähle 24 NM vom Mittelpunkt der Zeichenfläche auf der Nullinie des Diagrammschiebers nach unten oder oben ab und markiere diesen Punkt.
(3) Stelle E oder W an der TRUE INDEX-Marke ein.
(4) Stelle 210 auf der Nullinie des Diagrammschiebers unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(5) Lies den Kursfehler mit $6^1/_2$° bei der Markierung an den Abdriftlinien ab (Abb. 56).
(6) Stelle die Restentfernung 170 unter den Mittelpunkt und lies den Verbesserungswinkel mit 8° bei der Markierung ab (Abb. 57).
(7) Bringe an den geflogenen Steuerkurs (100°) die Gesamtberichtigung $6^1/_2° + 8° = 14^1/_2°$ nach links an und steuere $85^1/_2°$, um den Bestimmungsort zu erreichen. Diese Rechnung wird am besten mit dem Gradbogen DRIFT LEFT durchgeführt.

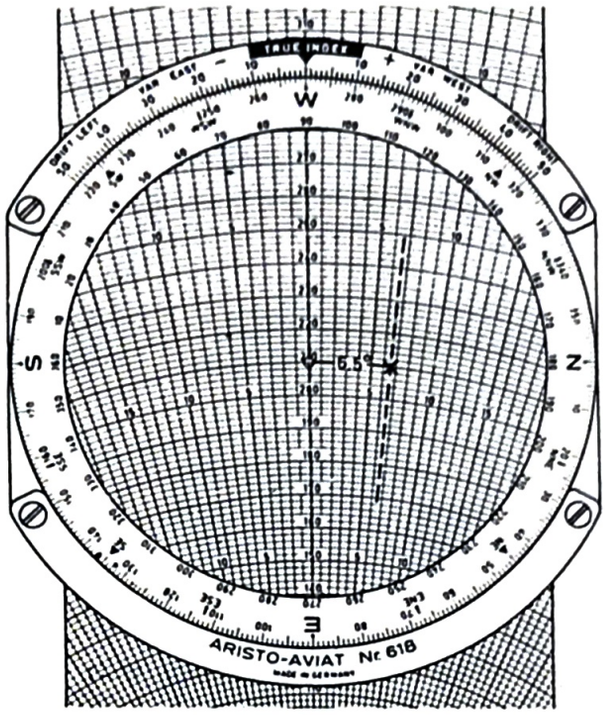

Abb. 56

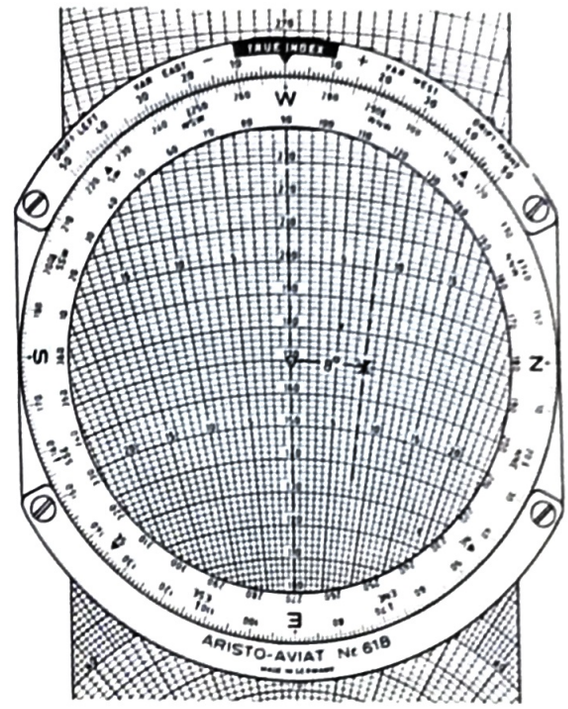

Abb. 57

11.1.8 Berechnung der Seiten- und Längswindkomponente

Für Start und Landung auf befestigten Bahnen ist es wichtig, die Seiten- und/oder Längswindkomponente zu kennen. Zur Lösung dieser Aufgaben benutzt man die quadratische Unterteilung auf der Seite B, G oder H des Diagrammschiebers.

Einstellung: (1) Drehe die Windrichtung unter die Marke TRUE INDEX.

(2) Stelle den Nullpunkt der Quadratteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche und trage den Windvektor nach unten ab.

(3) Stelle die rechtweisende Richtung der Landebahn an der TRUE INDEX-Marke ein.

Ablesung: (1) Lies die Seitenwindkomponente als den Abstand vom Ende des Windvektors bis zur Mittelachse ab.

(2) Lies von der Nullinie aus senkrecht nach unten bis zum Ende des Windvektors die Längswindkomponente ab.

Beispiel 1:

Gegenwind

Richtung der Landebahn 265° (rw),
Windrichtung 330°/30 kt.

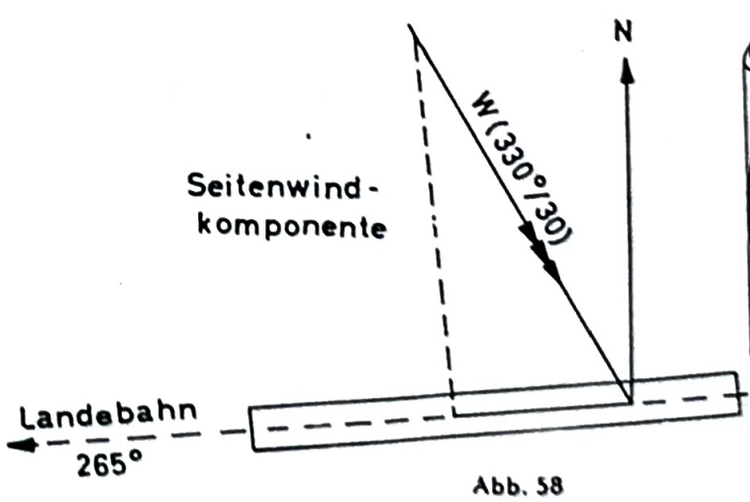

Abb. 58

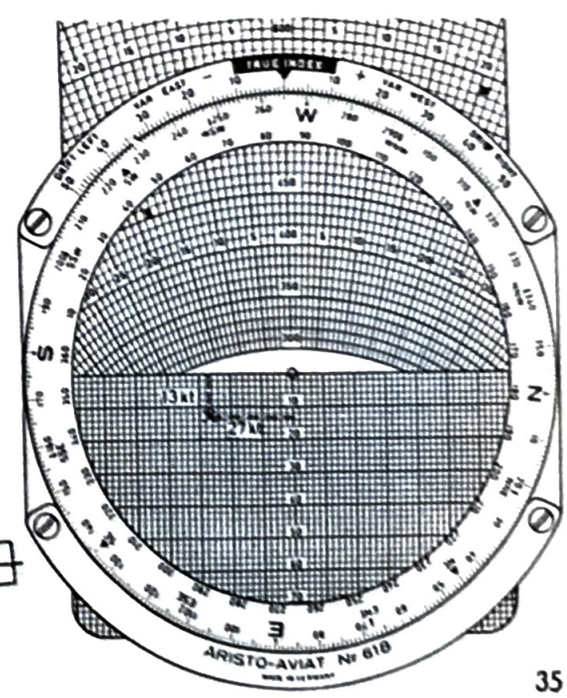

Abb. 59

(1) Stelle 330° unter die TRUE INDEX-Marke.
(2) Stelle 0 der Quadratteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(3) Trage nach unten den Windvektor mit 30 kt ab.
(4) Stelle die Landebahnrichtung 265° unter die TRUE INDEX-Marke.
(5) Lies von der Nullinie des Diagramms aus entlang der Horizontallinie durch den Endpunkt des Windvektors die Seitenwindkomponente mit 27 kt ab (Abb. 59).
(6) Lies die Gegenwindkomponente von der horizontalen Nullinie aus als vertikalen Abstand bis zum Endpunkt des Windvektors mit 13 kt ab (Abb. 59).

Beispiel 2:

Rückenwind

Richtung der Landebahn 075°
Wind 200°/40 kt (Abb. 60).

(1) Stelle 200 unter der TRUE INDEX-Marke.
(2) Stelle 0 der Quadratteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(3) Trage den Windvektor mit 40 kt nach unten ab.
(4) Stelle die Landebahnrichtung 75° unter die Marke TRUE INDEX.
(5) Schiebe die Nullinie unter den Endpunkt des Windvektors und zähle die Seitenwindkomponente mit 33 kt vom Nullpunkt des Quadratnetzes nach links ab.
(6) Lies die Rückenwindkomponente auf der Mittelachse unter dem Mittelpunkt der Zeichenfläche mit 23 kt ab.

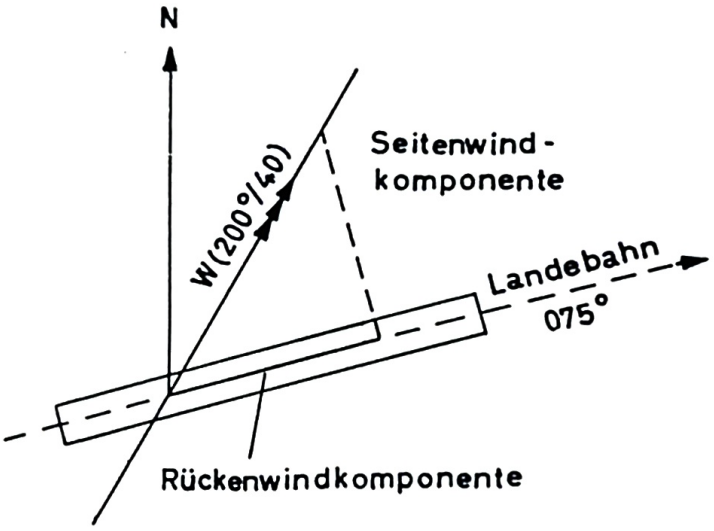

Abb. 60

11.1.9 Berechnung der Abtrift aus der Querwindkomponente V_n oder der seitlichen Windversetzung Z_n (Barometrische Navigation, vgl. Kap. 8)

Bekannt: V_e, V_g und V_n
Gesucht: Abtrift

Zeichnerische Lösung:

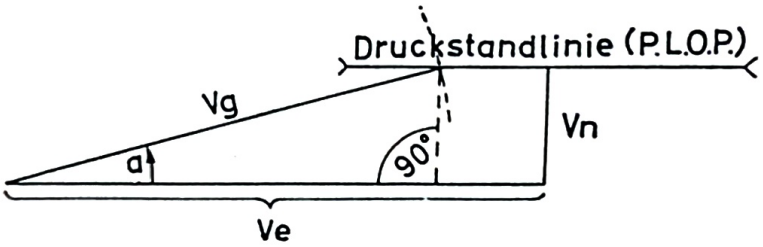

Abb. 61

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

(a) Stelle eine der vier Haupthimmelsrichtungen (z. B. N) unter die Marke TRUE INDEX und trage längs der Nullinie den V_n-Vektor vom Mittelpunkt aus nach oben oder unten ab.
(b) Stelle eine um 90° verschiedene Haupthimmelsrichtung (z. B. E) unter die Marke TRUE INDEX und die V_g auf dem Diagrammschieber unfer den Endpunkt des V_n-Vektors.
(c) Lies unter dem Endpunkt des V_n-Vektors die Abtrift ab.

Beispiel 1:

Gegeben: V_n = 29 kt nach rechts
V_g = 205 kt
Gesucht: a
Ergebnis: Abtrift + 8°

Beispiel 2:
Gegeben: seitliche Windversetzung $Z_n = 34$ NM nach rechts
$V_g = 210$ kt, Zwischenflugzeit zwischen den D-Messungen 90 min
Gesucht: Abtrift a

Zunächst wird mit der Grundgeschwindigkeit die in der Zwischenflugzeit zurückgelegte Entfernung zwischen den Meßorten mit 315 NM bestimmt (vgl. Kap. 6.2.3).

Dann wird die Abtrift in der oben beschriebenen Weise ermittelt, wobei anstelle von V_g die Entfernung 315 NM tritt.

Ergebnis: Abtrift + 6°

11.2 Berechnung der Abweitung

Die Abweitung ist der Abstand in Seemeilen zwischen zwei Meridianen auf einem Breitengrad. Die Näherungsformel zur Berechnung der Abweitung lautet:

$$\text{Abweitung} = \text{Längenunterschied} \cdot \cos \text{Breite}$$

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

(a) Drehe Nord unter die Marke TRUE INDEX.
(b) Stelle die horizontale Nullinie des Quadratnetzes unter die Mitte der Zeichenfläche.
(c) Trage in geeignetem Maßstab den Längenunterschied in Minuten vom Mittelpunkt aus horizontal nach links ab.
(d) Drehe die Breite unter die Marke TRUE INDEX.
(e) Der horizontale Abstand des Endpunktes der dem Längenunterschied entsprechenden Strecke von der Mittelachse des Diagrammschiebers ergibt in dem unter (c) gewählten Maßstab die Abweitung in Seemeilen.

Beispiel:

Wie groß ist die Abweitung zwischen 5° E und 6° E auf 54° nördlicher Breite?

Längenunterschied 1° = 60′

Ergebnis: 35 NM

11.3 Berechnung der Großkreisbeschickung

Die Näherungsformel zur Berechnung der Großkreisbeschickung lautet:

$$u = 1/2 \text{ Längenunterschied} \cdot \sin \text{Mittelbreite}$$

Lösung mit ARISTO-AVIAT:

(a) Stelle N unter die Marke TRUE INDEX.
(b) Stelle die horizontale Nullinie des Quadratnetzes unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(c) Trage vom Mittelpunkt nach links in geeignetem Maßstab (z. B. Seitenlänge eines stark ausgezogenen Quadrates = 1° Längenunterschied) den halben Längenunterschied ab.
(d) Stelle die Mittelbreite unter die Marke TRUE INDEX.
(e) Lies in dem unter (c) gewählten Maßstab die Großkreisbeschickung u als Abstand des markierten Punktes von der Nullinie ab.

Beispiel:

Standort des Senders 51° N 8° W

Koppelort des Flugzeuges 53° N 4° E

Längenunterschied 12° (halber Längenunterschied 6°)

Mittelbreite 52°

Einstellung: (1) Stelle N unter die TRUE INDEX-Marke.
(2) Stelle die horizontale Nullinie der Quadrateinteilung unter den Mittelpunkt der Zeichenfläche.
(3) Trage nach links entlang der Horizontallinie 6 Quadrateinheiten ab.
(4) Stelle 52° unter die Marke TRUE INDEX.

Ablesung: Lies die Großkreisbeschickung 4,7° als Länge der Senkrechten vom Endpunkt der unter Ziff. (3) abgetragenen Strecke bis zur Nullinie des Quadratnetzes ab. Die Skaleneinteilung auf der Mittellinie erleichtert die Ablesung.

12. Rechnerische Lösung von Dreiecksaufgaben mit dem ARISTO-AVIAT 610 und 615

Mit Hilfe der auf der Rückseite des Rechners aufgetragenen, mit SPEED und ∢ sin bezeichneten Skalen lassen sich Dreiecksaufgaben auf der Grundlage des Sinussatzes lösen.

Der Sinussatz der ebenen Trigonometrie lautet:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

12.1 Lösung allgemeiner Dreiecksaufgaben

Einstellung: Stelle den bekannten Winkel auf der Sinusskala (s) unter die im Dreieck gegenüberliegende bekannte Seite auf der Geschwindigkeitsskala (r).

Ablesung: Lies auf der Außenskala (r) die gesuchte Seite über dem im Dreieck gegenüberliegenden bekannten Winkel auf der Sinusskala oder auf der Sinusskala den gesuchten Winkel zu der im Dreieck gegenüberliegenden (bekannten) Seite auf dem Außenring ab.

Beispiel 1: $a = 30$ cm
$\alpha = 25°$
$b = 52$ cm
Gesucht: Winkel β
Ergebnis: Winkel $\beta = 47°$

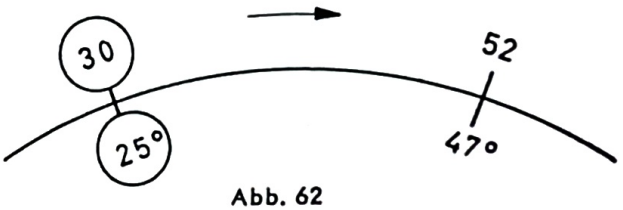

Abb. 62

Beispiel 2: $b = 20$ cm
$\beta = 16°$
$\gamma = 28°$
Gesucht: Seite c
Ergebnis: $c = 34$ cm

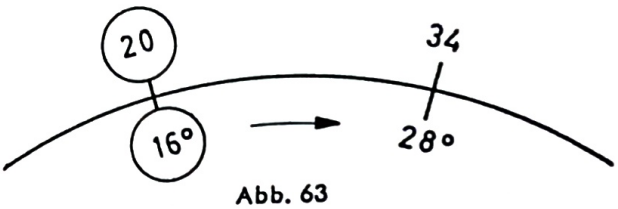

Abb. 63

12.2 Winddreiecksaufgaben

12.2.1 Das Winddreieck

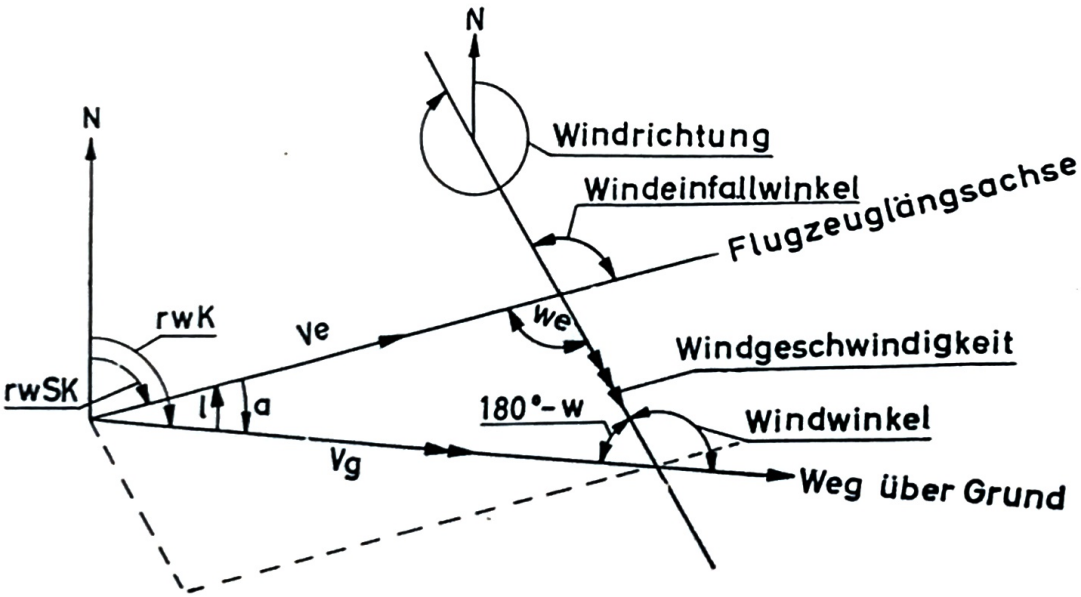

Abb. 64

Das Winddreieck ergibt sich aus der vektoriellen Zusammensetzung der Geschwindigkeiten, und zwar der Eigengeschwindigkeit in Richtung der Flugzeuglängsachse und der Windgeschwindigkeit in Windrichtung. Die Resultierende daraus ist die Grundgeschwindigkeit in Richtung des Kurses über Grund.

Wenn das Flugzeug durch den Wind in bezug auf die Richtung der Flugzeuglängsachse nach rechts versetzt wird, dann erhält die Abtrift das Vorzeichen „plus", bei Versetzung nach links das Vorzeichen „minus".

Wenn die Flugzeuglängsachse in bezug auf den Kurs über Grund nach rechts vorgehalten wird, erhält der Luvwinkel das Vorzeichen „plus", bei Vorhalten nach links das Vorzeichen „minus".

Windeinfallwinkel We = Windwinkel — Luvwinkel (oder Abtrift)
Windwinkel = Windeinfallwinkel + Luvwinkel (oder Abtrift)
Luvwinkel (oder Abtrift) = Unterschied zwischen Windwinkel und Windeinfallwinkel.

Zwischen den einzelnen Stücken des Winddreiecks lassen sich somit folgende Beziehungen herleiten:

$$\frac{V_w}{\sin l \text{ (oder } \sin a)} = \frac{V_e}{\sin w} = \frac{V_g}{\sin we}$$

12.2.2 Bestimmung des Luvwinkels und der Grundgeschwindigkeit

Bekannt: Rechtweisender Kurs (Kartenkurs bzw. beabsichtigter Kurs über Grund). Wind nach Richtung und Stärke, Eigengeschwindigkeit.

Gesucht: Luvwinkel und Grundgeschwindigkeit.

Der Windwinkel läßt sich aus vorstehenden Werten entweder im Kopf oder mit Hilfe des ARISTO-AVIAT finden.

Einstellung: (a) Stelle über die Flugzeugmarke im Mittelfeld der Rückseite des AVIAT den rechtweisenden Kurs auf der blauen Gradrose ein. Drehe den Doppelzeiger über die Windrichtung auf der blauen Gradrose.

Ablesung: Lies unter dem Indexstrich den Windwinkel auf der schwarzen Innenskala ab, die von der Flugzeugmarke aus nach links und rechts von 0 bis 180° aufgetragen ist.

Einstellung: (b) Stelle den Windwinkel auf der blauen mit ∢ sin gekennzeichneten Skala unter die Eigengeschwindigkeit auf der roten mit SPEED bezeichneten Skala.

Ablesung: Lies unter der Windgeschwindigkeit auf dem Außenring den Luvwinkel auf der ∢ sin-Skala ab.

Vorzeichenregel: Wind von **rechts** — Luvwinkel **plus**
Wind von **links** — Luvwinkel **minus**

Bilde den Windeinfallwinkel durch Subtraktion des Luvwinkels vom Windwinkel. Mit der Einstellung (b), die unverändert bleibt, lies auf dem Außenring die Grundgeschwindigkeit über dem Windeinfallwinkel auf der ∢ sin-Skala ab.

Beispiel:

Gegeben: rw K = 48°
Wind = 350°/30 kt
Windw. = 58°
V_e = 210 kt

Gesucht: l und V_g

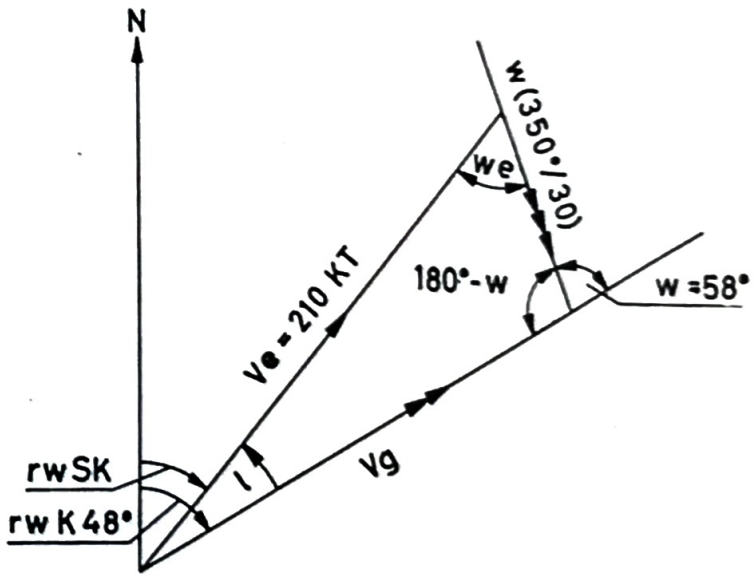

Abb. 65

Der Windwinkel 58° wird im Kopf oder mit Hilfe der Einstellung (a) ermittelt. Aus der Anwendung des Sinussatzes im Winddreieck der Abb. 65 ergibt sich die Einstellung (b) gemäß Abb. 66.

Ergebnis: $I = -7°$ (Wind von links)
Windeinfallwinkel:
$58° - 7° = 51°$
$V_g = 192$ kt

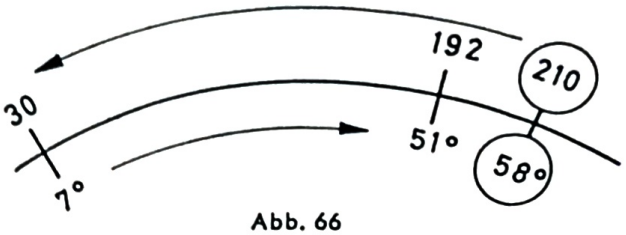

Abb. 66

12.2.3 Bestimmung des Windes aus Abtrift und Grundgeschwindigkeit

Wenn während des Fluges die Abtrift und die Grundgeschwindigkeit bestimmt werden können, läßt sich mit Hilfe des ARISTO-AVIAT 610 und 615 der Wind nach Richtung und Stärke errechnen. Bei dieser Aufgabe sind folgende Stücke des Winddreiecks bekannt:

rechtweisender Steuerkurs	rw SK
Eigengeschwindigkeit	V_e
Grundgeschwindigkeit	V_g
Abtrift	a

Wenn die gegebenen Stücke im Winddreieck aufgesucht werden, zeigt sich, daß keine der beiden Seiten V_e und V_g dem bekannten Winkel (Abtrift) gegenüberliegt. Damit entfällt eine unmittelbare Anwendung des Sinussatzes. Wie im Winddreieck wird auch auf dem ARISTO-AVIAT der Abtriftwinkel zwischen der Eigengeschwindigkeit und der Grundgeschwindigkeit eingeschlossen. Zur Lösung dieser Aufgabe muß daher die ∢ sin-Skala so lange gedreht werden, bis der Gradbetrag der Abtrift zwischen der Eigengeschwindigkeit und der Grundgeschwindigkeit eingepaßt ist. Damit hat man wieder die normale Einstellung: es stehen sich Windgeschwindigkeit und Luvwinkel, Eigengeschwindigkeit und Windwinkel, Grundgeschwindigkeit und Windeinfallwinkel gegenüber. Aus dem Windeinfallwinkel und dem rw SK läßt sich dann die Windrichtung bestimmen.

Wenn bei derartigen Aufgaben die Grundgeschwindigkeit kleiner als die Eigengeschwindigkeit ist, hat der Windeinfallwinkel einen Wert unter 90°. Bei Rückenwind ist der Windeinfallwinkel größer als 90°; es muß also der stumpfe Winkel auf der ∢ sin-Skala abgelesen werden.

Die Windrichtung wird wie folgt bestimmt:

Einstellung: Stelle den rw SK über der Flugzeugmarke im Mittelfeld der Rückseite des AVIAT ein und drehe den Doppelzeiger über den Windeinfallwinkel auf der schwarzen Innenskala — links von der Flugzeugmarke bei positiver Abtrift, rechts von der Flugzeugmarke bei negativer Abtrift.

Ablesung: Lies unter dem Indexstrich die Windrichtung auf der Gradrose ab.

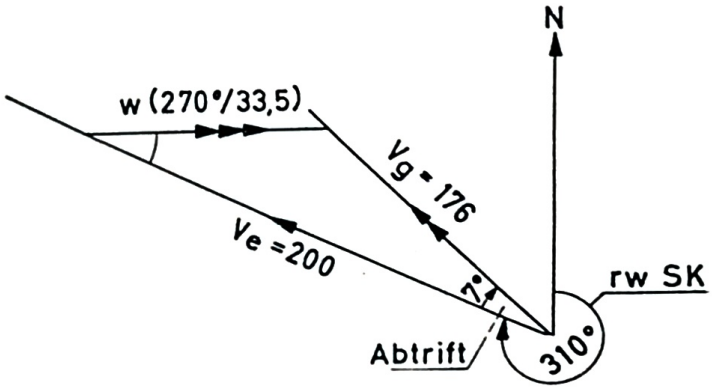

Abb. 67

Beispiel 1:

Gegeben: rw SK = 310°
V_e = 200 kt
V_g = 176 kt
a = +7°

Gesucht: Wind nach Richtung und Geschwindigkeit.

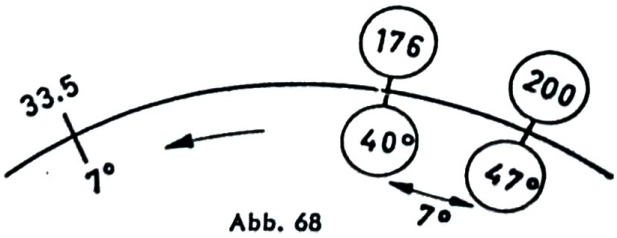

Abb. 68

V_g kleiner als V_e: Windeinfallwinkel kleiner als 90°.
Abtrift + : Wind von links.

Einstell- und Ablesevorgang:

1. Drehe die ∢ sin-Skala so lange, bis zwischen den Geschwindigkeiten 176 und 200 auf dem Außenring eine Winkeldifferenz von 7° auf der ∢ sin-Skala paßt. Dies trifft zu, wenn auf der ∢ sin-Skala 40° unter 176 auf dem Außenring und 47° unter 200 stehen.
2. Lies die Windstärke 33,5 kt auf dem Außenring über der Abtrift von 7° auf der ∢ sin-Skala ab.
3. Lies den Windeinfallwinkel auf der ∢ sin-Skala mit 40° unter der Grundgeschwindigkeit von 176 ab. (Der spitze Winkel wird abgelesen, weil der Wind von vorn kommt; Grundgeschwindigkeit kleiner als Eigengeschwindigkeit!)
4. Stelle den rw SK 310° über die Flugzeugmarke. Drehe den Doppelzeiger nach links (Wind von links!), bis der Indexstrich über 40° (Windeinfallwinkel) auf der schwarzen Innenskala zu stehen kommt. Lies dann unter dem Indexstrich auf der Gradrose die Windrichtung mit 270° ab (Abb. 69).

Ergebnis: Wind 270°/33,5 kt

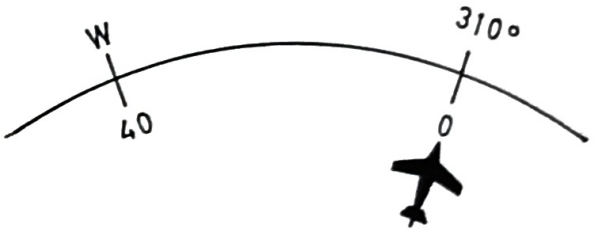

Abb. 69

Beispiel 2:

Gegeben: rw SK = 50°
V_e = 190 kt
V_g = 218 kt
a = −5°

Gesucht: Wind

V_g größer als V_e: Windeinfallwinkel größer als 90°

Abtrift „minus": Wind von rechts

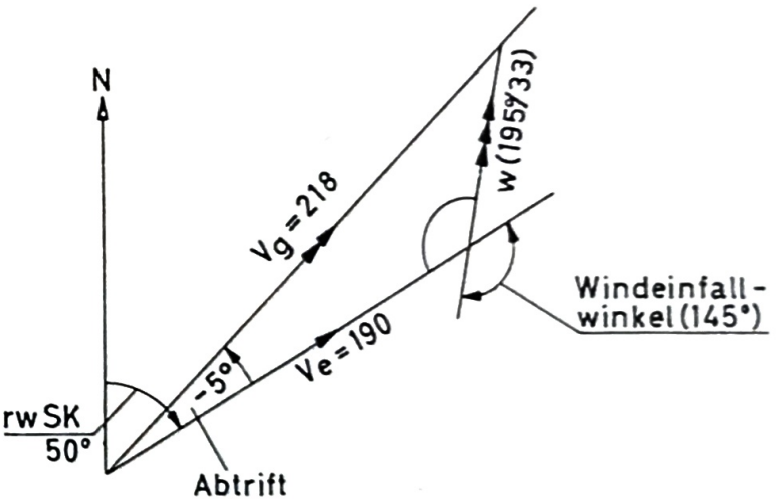

Abb. 70

Zur Lösung sind 5° zwischen den Geschwindigkeiten 190 und 218 einzupassen. (Es empfiehlt sich zur Erleichterung des Einpassens, den Indexstrich des Doppelzeigers über 218 zu stellen):

Ergebnis: Windstärke = 33 kt
Windeinfallwinkel = 145°
Windrichtung = 195°
Somit: Wind 195°/33 kt

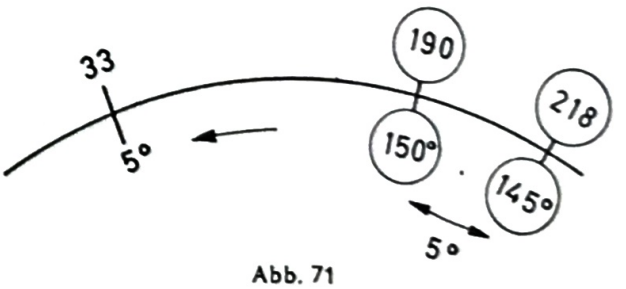

Abb. 71

12.2.4 Berechnung von Abtrift und Grundgeschwindigkeit

Bekannt: rw SK
V_e
Wind

Gesucht: a
V_g

In der Praxis hat die Lösung dieser Aufgabe (rechnerisches Mitkoppeln) mit dem Navigationsrechner wenig Bedeutung. Das gilt besonders, wenn mehrere rw. Steuerkurse nacheinander geflogen werden (z. B. beim Umfliegen eines Gewitters). In diesem Fall ist es einfacher, die ganze Aufgabe zeichnerisch in der Karte zu lösen, da die Ermittlung des Koppelortes ohnehin, d. h. auch bei Bestimmung von a und V_g mit dem Navigationsrechner, durch Eintragung von Kursen und Entfernungen in der Karte vorgenommen werden muß.

Bei der Lösung dieser Aufgabe mit dem ARISTO-AVIAT 610 und 615 läßt sich der Sinussatz ebenso wie bei der Windbestimmung aus a und V_g unmittelbar nicht anwenden, da der bekannte Winkel (Windeinfallwinkel) keiner der beiden bekannten Seiten (Eigengeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit) gegenüberliegt, sondern von diesen eingeschlossen wird. Zur Lösung muß der Gradwert des Windeinfallwinkels auf dem ARISTO-AVIAT zwischen Windgeschwindigkeit und Eigengeschwindigkeit eingepaßt werden. Wenn dies geschehen ist, liest man die Abtrift auf der ∢ sin-Skala unter der Windgeschwindigkeit auf dem Außenring und die Grundgeschwindigkeit über dem Windeinfallwinkel ab. Zum schnelleren Einpassen empfiehlt es sich, zunächst den Windeinfallwinkel über die Eigengeschwindigkeit zu stellen und dann den unter der Windgeschwindigkeit abgelesenen Gradwert zum Windeinfallwinkel zu addieren. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis der Gradwert des Windeinfallwinkels genau eingepaßt ist.

Beispiel:

Gegeben: rw SK = 120°
V_e = 210 kt
Wind 250°/26 kt
(Windeinfallwinkel 130°)

Gesucht: a und V_g

Einstellvorgang:
Der Windeinfallwinkel von 130° ist zwischen 26 (Windgeschwindigkeit) und 210 (V_e) eingepaßt, wenn 135° unter 210 und 5° unter 26 stehen. Über 130° wird dann V_g mit 227 kt abgelesen.

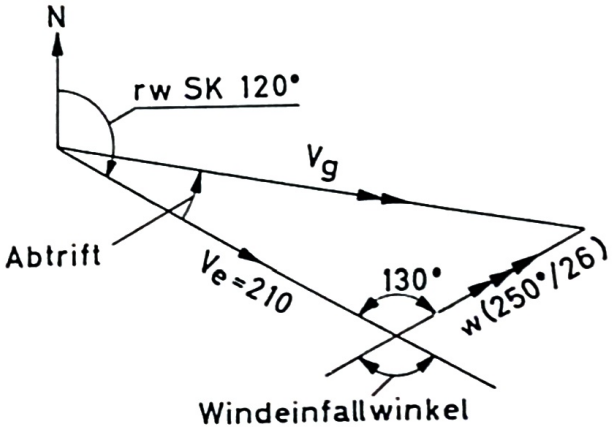

Abb. 72

Ergebnis: a = −5° (Wind von rechts)
V_g = 227 kt

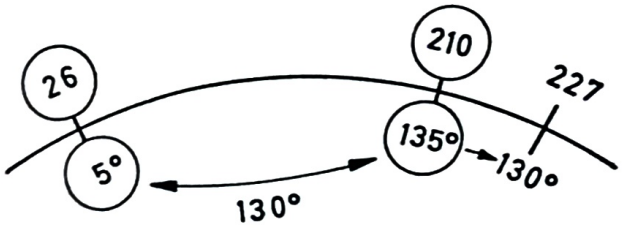

Abb. 73

12.2.5 Berechnung der Seiten- und Längswindkomponente

Für Start und Landung auf Landebahnen ist es in vielen Fällen von Wichtigkeit, die Seiten- und/oder die Längswindkomponente zu kennen. Zur Lösung auf dem ARISTO-AVIAT bestimmt man zunächst den Winkelunterschied zwischen der Windrichtung und der (rw.) Richtung der Landebahn.

Einstellung: Stelle 90° auf der ∢ sin-Skala unter die Windgeschwindigkeit auf dem Außenring.

Ablesung: Lies über dem Winkelunterschied zwischen Windrichtung und Richtung der Landebahn auf der ∢ sin-Skala die Seitenwindkomponente auf dem Außenring bzw. über dem Komplement des Winkelunterschiedes die Gegenwindkomponente ab.

Beispiel 1:

Richtung der Landebahn 265° (rw.)
Windrichtung 330°/30 kt
Windwinkel 65° (Gegenwind!)
Komplement des Windwinkels 25°

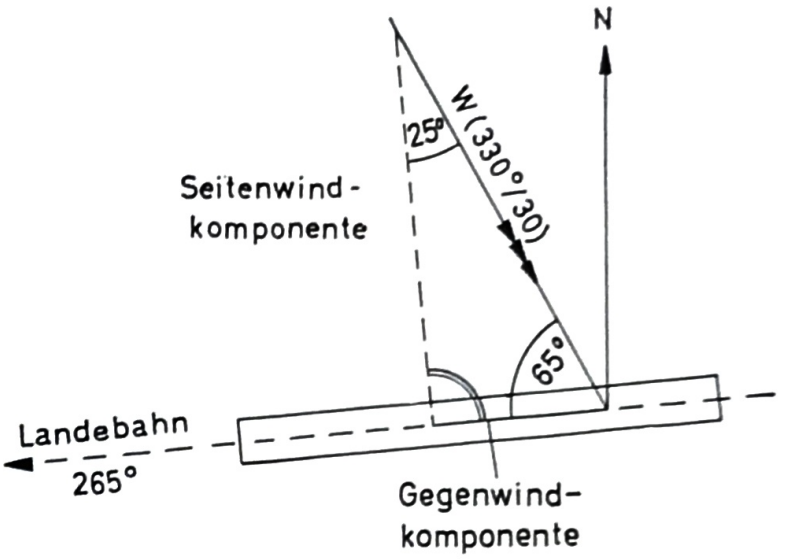

Abb. 74

Ergebnis:

Seitenwindkomponente 27,2 kt
Gegenwindkomponente 12,7 kt

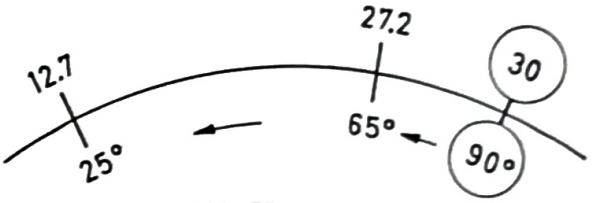

Abb. 75

Beispiel 2:

Richtung der Landebahn 075°
Windrichtung 200°/40 kt
Windwinkel 125° (Rückenwind!)
Komplement des Windwinkels 35°

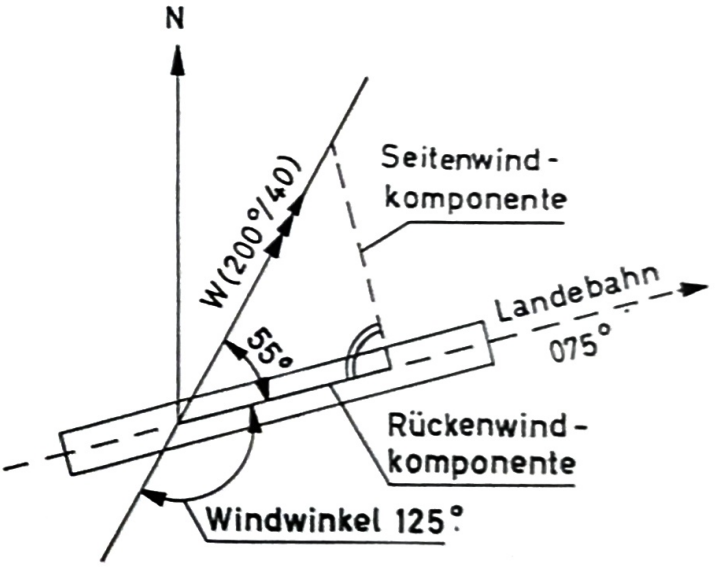

Abb. 76

Ergebnis:

Seitenwindkomponente 32,7 kt
Rückenwindkomponente 23 kt

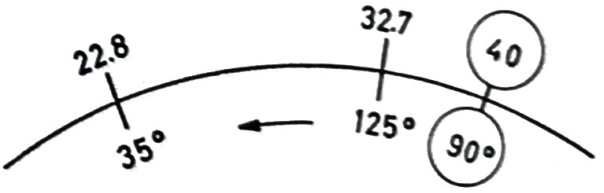

Abb. 77

12.2.6 Berechnung der Abtrift aus der Querwindkomponente V_n oder der seitlichen Windversetzung Z_n (Barometrische Navigation, vgl. Kap. 8)

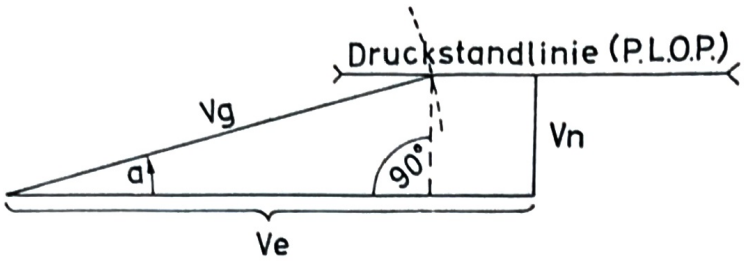

Abb. 78

Bekannt: V_g und V_n

Gesucht: a

Wie aus Abb. 78 hervorgeht, läßt sich die Abtrift mit Hilfe der Sinusfunktion bestimmen.

$$\frac{V_g}{\sin 90^\circ} = \frac{V_n}{\sin a}$$

Beispiel 1:

Bekannt: $V_n = +29$ kt
$V_g = 205$ kt

Gesucht: a

Ergebnis: Abtrift $+8^\circ$

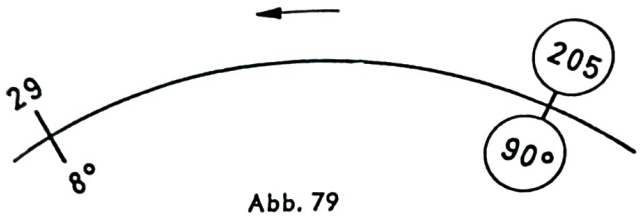

Abb. 79

Beispiel 2:

Bekannt: Seitliche Windversetzung
$Z_n = +34$ NM, $V_g = 210$ kt

Zwischenflugzeit zwischen den D-Messungen 90 min

Gesucht: Abtrift a

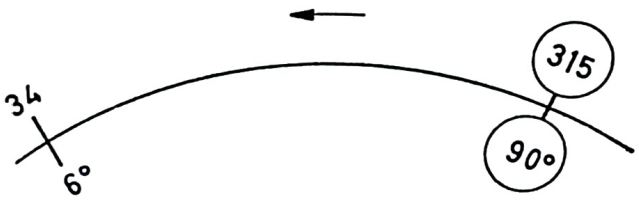

Abb. 80

Zunächst mit der Grundgeschwindigkeit die in der Zwischenflugzeit zurückgelegte Entfernung zwischen den Meßorten zu 315 NM bestimmen (s. Kap. 6.2.3), anschließend unter Anwendung des Sinussatzes die Abtrift berechnen

Ergebnis: Abtrift $+6^\circ$.

12.3 Berechnung der Abweitung

Die Abweitung ist der Abstand in Seemeilen zwischen zwei Meridianen auf einem Breitenkreis. Die Näherungsformel zur Berechnung der Abweitung lautet:

Abweitung = Längenunterschied $\Delta l \cdot \cos$ Breite φ,

oder als Proportion:

$$\frac{\text{Abweitung}}{\cos \varphi} = \frac{\Delta l}{1}$$

$$\frac{\text{Abweitung}}{\sin (90-\varphi)} = \frac{\Delta l}{\sin 90^\circ}$$

Beispiel: Wie groß ist die Abweitung zwischen 5° E und 8° E auf 54° nördlicher Breite?
Längenunterschied:
$\Delta l = 3^\circ = 180'$
$90^\circ - \varphi = 90^\circ - 54^\circ = 36^\circ$

Ergebnis: 106 NM

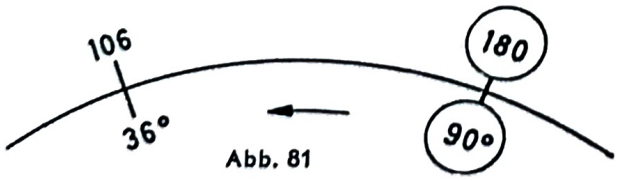

Abb. 81

12.4 Berechnung der Großkreisbeschickung

Die Näherungsformel zur Berechnung der Großkreisbeschickung lautet:

$u = 1/2$ Längenunterschied $\Delta l \cdot \sin$ Mittelbreite φ,

oder als Proportion: $$\frac{1/2\ \Delta l}{\sin 90^\circ} = \frac{u}{\sin \varphi}$$

Beispiel: Standort des Senders 51° N 8° E
Koppelort des Flugzeuges 53° N 4° W
Längenunterschied 12° Mittelbreite 52°
1/2-Längenunterschied 6°

Ergebnis: $u = 4{,}7^\circ$

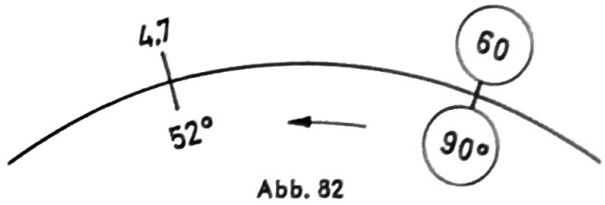

Abb. 82

12.5 Umwandlung von Peilungen

Bekannt: Seitenpeilung (p) und rw SK,

Gesucht: rechtw. Peilung und Funkstandlinie,

Einstellung: Stelle den rw SK auf der Gradrose über die Flugzeugmarke. Drehe den Doppelzeiger über den Gradbetrag der Seitenpeilung auf der schwarzen Innenskala von 0° bis 360°.

Ablesung: Lies unter dem Indexstrich auf der Gradrose die rechtw. Seitenpeilung und unter dem Indexstrich auf der anderen Seite des Doppelzeigers die Funkstandlinie ab.

Beispiel: p 234°
rw SK 078°

Einstellschema:

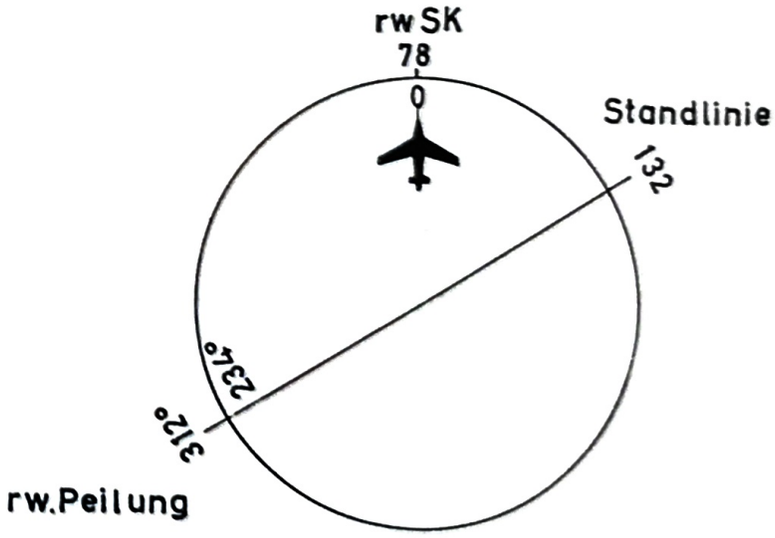

Abb. 83

Ergebnis: rechtw. Peilung 312°
Funkstandlinie 132°

13. Begriffsbestimmungen

Zur Erläuterung der in dieser Anleitung vorkommenden Fachausdrücke und vor allem zur Gegenüberstellung mit den im englisch-amerikanischen Schrifttum geläufigen Bezeichnungen sind die wichtigsten Begriffe noch einmal alphabetisch zusammengestellt.

Abtrift (Drift)

ist der Winkelunterschied zwischen dem Steuerkurs (Heading — Richtung der Flugzeuglängsachse) und dem Kurs über Grund (Track Made Good — Richtung des Flugweges).

Barometrische Navigation (Pressure Pattern Navigation)

Navigationsverfahren auf der Grundlage der Luftdruckverteilung längs des Flugweges. Sie beruhen auf der aus der geostrophischen Windformel hergeleiteten Möglichkeit, die Querwindkomponente (Beam Wind Component) (V_n) oder die seitliche Windversetzung (Beam Displacement) (Z_n) quer zum Steuerkurs durch Vergleich der absoluten Höhe (Absolute Altitude) mit der Druckhöhe (Pressure Altitude) an zwei Meßorten zu bestimmen.

D-Wert (D-Value)

Der Unterschied zwischen der absoluten Höhe und der Druckhöhe ist der D-Wert (D-Value). Im Fluge werden die D-Werte durch Vergleich der Anzeige des Funkhöhenmessers (Radio Altimeter) mit der Anzeige des barometrischen Höhenmessers (Pressure Altimeter) bestimmt.

Geschwindigkeiten

a) **Fahrtmesseranzeige** (Indicated Airspeed — I. A. S.) ist die am Fahrtmesser abgelesene Geschwindigkeit.

Berichtigte Fahrtmesseranzeige berücksichtigt den mechanischen Fehler des Fahrtmessers (Instrument Error) sowie die Fehler, die durch die Strömungsverhältnisse in der Umgebung des Staurohrs (Position- bzw. Altitude Error) hervorgerufen werden. Durch Anbringung der Berichtigung erhält man die Berichtigte Fahrtmesseranzeige (Rectified Airspeed — R. A. S. oder Calibrated Airspeed — C. A. S.).

b) **Wahre Eigengeschwindigkeit** (True Airspeed — T. A. S.) ist die Relativgeschwindigkeit des Flugzeuges gegenüber der umgebenden Luft. Sie wird aus der berichtigten Fahrtmesseranzeige durch Anbringung der Dichteberichtigung (Höhen- und Temperaturberichtigung) bestimmt.

c) **Effektive Eigengeschwindigkeit** (Effective True Airspeed — E. T. A. S.) wird in der barometrischen Navigation zur Berechnung der seitlichen Windversetzung (Z_n) gebraucht, wenn zwischen den beiden Vergleichsmessungen der Kurs geändert worden ist. Man ermittelt die direkte Entfernung (Effective Air Distance — E. A. D.) zwischen dem Koppelort bei der ersten Höhenvergleichsmessung und dem Koppelort ohne Wind („Air Position") bei der zweiten Höhenvergleichsmessung und bestimmt daraus unter Zugrundelegen der Zwischenflugzeit die effektive Eigengeschwindigkeit.

d) **Grundgeschwindigkeit** (Ground Speed) ist die in der Zeiteinheit 1 Stunde zurückgelegte Entfernung über Grund.

Gradientwind

Der aus der Richtung und dem Abstand der Isohypsen in Höhenwetterkarten abgeleitete Wind.

Höhen

a) **Absolute Höhe** (Absolute Altitude) ist die tatsächliche Höhe des Flugzeuges über dem überflogenen Gelände.

b) **Dichtehöhe** (Density Altitude) ist die Höhe in der Standard-Atmosphäre, die der im Flugniveau herrschenden Luft**dichte** entspricht.

c) **Druckhöhe** (Pressure Altitude) ist die Höhe in der Standard-Atmosphäre, die dem im Flugniveau herrschenden Luft**druck** entspricht. Sie wird am barometrischen Höhenmesser abgelesen, wenn an der Luftdruckunterskala (subscale) der Standarddruck 1013 mb bzw. 29.92 ins. eingestellt ist.

d) **QNH-Höhe** (QNH Altitude) ist die Höhe, die ein Höhenmesser anzeigt, wenn an der Luftdruck-Unterskala (subscale) der QNH-Wert eingestellt wird.

e) **Wahre Höhe** (True Altitude) ist die Höhe über einem festgelegten Bezugsniveau (zumeist Meeresspiegel — NN; Above Mean Sea Level — A. M. S. L.).

Isohypsen

Linien gleicher Höhe einer Druckfläche (z. B. der 500 oder 700 mb Fläche), die in Höhenwetterkarten zur Darstellung der Neigung einer solchen druckgleichen Fläche benutzt werden (vergleichbar mit den Höhenlinien in topographischen Karten).

Kompressibilität (Compressibility)

Die durch die Zusammendrückbarkeit der Luft bedingte zu hohe Fahrtmesseranzeige nimmt erst bei Geschwindigkeiten von über 200 kt bzw. rd. 400 km/h Werte an, die eine Berichtigung (Kompressibilitätsberichtigung) notwendig machen.

Kurse

a) **Rechtweisender Kurs** (rw K — True Track, T. T., in den USA: True Course, T. C.) ist der Winkel zwischen rechtweisend Nord (True North) und der Flugrichtung über Grund; er wird bei der Flugvorbereitung auch als **Kartenkurs** (Required Track) und bei der Flugdurchführung als **Kurs über Grund** (Track Made Good, T. M. G.) bezeichnet.

b) **Rechtweisender Steuerkurs** (rw SK — True Heading, T. H.) ist der Winkel zwischen rechtweisend Nord und der Richtung der Flugzeuglängsachse (frühere Bezeichnung: rw. Windkurs). Der Winkelunterschied zwischen rw K und rw SK ist der Luvwinkel bzw. die Abtrift.

c) **Mißweisender Steuerkurs** (mw SK — Magnetic Heading, M. H.) ist der Winkel zwischen mißweisend Nord (Magnetic North) und der Flugzeuglängsachse. Der Winkelunterschied zwischen rw SK und mw SK wird durch die Ortsmißweisung (Variation) hervorgerufen.

d) **Kompaßkurs** (KK — Compass Heading, C. H.) ist der Winkel zwischen Kompaß-Nord und der Flugzeuglängsachse. Der Winkelunterschied zwischen mw SK und KK wird durch Störfelder am Kompaßort (Deviation) hervorgerufen.

Längswindkomponente

Der in Flugrichtung wirkende Anteil der Windgeschwindigkeit.

Luvwinkel (Wind Correction Angle, W. C. A.)

Luvwinkel ist der Winkel zwischen der Richtung des beabsichtigten Kurses über Grund (rechtw. Kurs bzw. Kartenkurs) und der Richtung der Flugzeuglängsachse. Im gleichen Winddreieck ist der Luvwinkel größengleich mit der Abtrift und unterscheidet sich von dieser nur durch das Vorzeichen.

Machzahl (Mach Number)

Gibt das Verhältnis von Eigengeschwindigkeit zur jeweiligen Schallgeschwindigkeit an.

$$\text{Machzahl} = \frac{V_e}{c_s} \left(\frac{\text{T. A. S.}}{\text{speed of sound}} \right)$$

Wind

Querwindkomponente (V_n — Beam Wind Component)

Der rechtwinklig zur Flugzeuglängsachse wirkende Anteil der Windgeschwindigkeit.

Seitliche Windversetzung (Z_n — Beam Displacement)

Als Strecke ausgedrückte Versetzung des Flugzeuges quer zur Flugzeuglängsachse zwischen zwei D-Wert-Messungen.

Windeinfallwinkel (we) (Relative Wind Angle)

Windeinfallwinkel ist der Winkel zwischen der Herkunft-Richtung des Windes und der Richtung der Flugzeuglängsachse (rechtw. Steuerkurs).

Windwinkel (w) (Wind Angle)

Windwinkel ist der Winkel zwischen der Herkunft-Richtung des Windes und der Richtung des Flugweges über Grund (rechtweisender Kurs).